

ISSN1016-9288

제51권 10호

2024년 10월호

전자공학회지

The Magazine of the IEIE

vol.51. no.10

지능형 전파 신호처리에서의 학습력 향상 기법

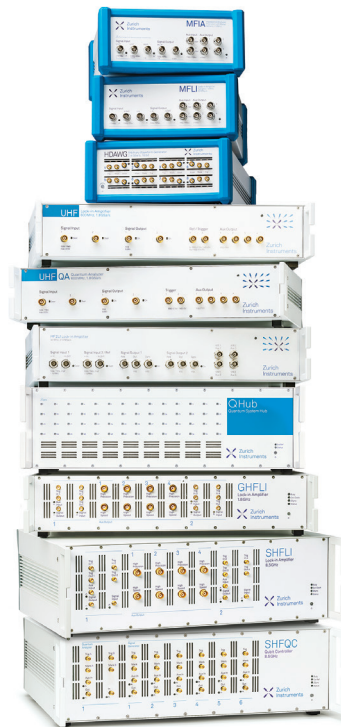
- 통신 시스템에서의 관측 신호의 한켠 행렬 변환 및 특잇값 추출을 통한 인공지능에서의 활용 방안
- XL-MIMO 시스템에서 채널 한켠화를 통한 근거리장 및 원거리장 분류기 설계
- 희소 관측을 통한 신호 수 검출을 위한 인공신경망 설계 연구
- 신호 한켠화를 통한 SNR 추정기 설계
- 한켠화 전처리를 이용한 인공신경망 기반 동기 신호 검출



Boost Your Lab's Performance in Quantum, Photonics, Materials



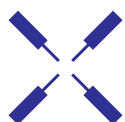
Software to fast-track
your research goals



Hardware for
highest fidelity



Support by our
application experts



**Zurich
Instruments**

한국담당자 ilnam.yeom@zhinst.com
82-10-6456-3463



ICCE-Asia The 9th International Conference on Consumer Electronics (ICCE) Asia

2024

11.3^(Sun) - 11.6^(Wed), 2024
Sheraton Grand Danang Resort, Vietnam

Presentation Guidelines

The conference will be held with face-to-face presentations of papers at the conference site at Da Nang, Vietnam.

Organized by the IEEE Consumer Technology Society and the Institute of Electronics and Information Engineers, ICCE-Asia 2024 which will be held in the Da Nang, Vietnam is an event open to researchers and engineers from industry, research centres, and academia to exchange information and results related to consumer electronics (CE). The conference will feature outstanding keynote speakers, high quality tutorials, special sessions and peer-reviewed papers. It hopes to attract a global audience from industry and academia. It is a perfect opportunity to promote affiliated company/organization to an audience of world-class researchers in the CE industry.

TOPICS OF IEEE/IEIE ICCE-ASIA 2024

- Artificial Intelligence and Machine Learning for CE Applications (AIM)
- Robotics, Drones, Automation Technologies and Interfaces (RDA)
- Security and Privacy of CE Hardware and Software Systems (SPC)
- Energy Management of CE Hardware and Software Systems (EMC)
- Application-Specific CE for Smart Cities (SMC)
- RF, Wireless, and Network Technologies (WNT)
- Internet of Things and Internet of Everywhere (IoT)
- Entertainment, Gaming, and Virtual and Augmented Reality (EGV)
- AV Systems, Image and Video, and Cameras and Acquisition (AVS)
- Automotive CE Applications (CEA)
- CE Sensors and MEMS (CSM)
- Consumer Healthcare Systems (CHS)
- Enabling and HCI Technologies (HCI)
- Smartphone and Mobile Device Technologies (MDT)
- Semiconductor Devices for Consumer Electronics (SCE)
- Other Technologies Related with CE (MIS)

SPECIAL SESSIONS

Special session proposals are invited to IEEE/IEIE ICCE-Asia 2024, and inquiries regarding submission should be directed to the Special Session Chair.

BEST PAPER AWARDS

The authors of the best papers will be presented Gold, Silver, and Bronze awards.

Selected top quality papers will be recommended to be published in the Journal of Semiconductor Technology and Science (JSTS) or a special issue of IEIE Transactions on Smart Processing and Computing.

PAPER SUBMISSION

Prospective authors can submit their papers by following the guidelines posted on the conference webpage (<http://www.icce-asia2024.org>).

Accepted papers will be submitted for inclusion into IEEE Xplore subject to meeting IEEE Xplore's scope and quality requirements.

AUTHOR'S SCHEDULE

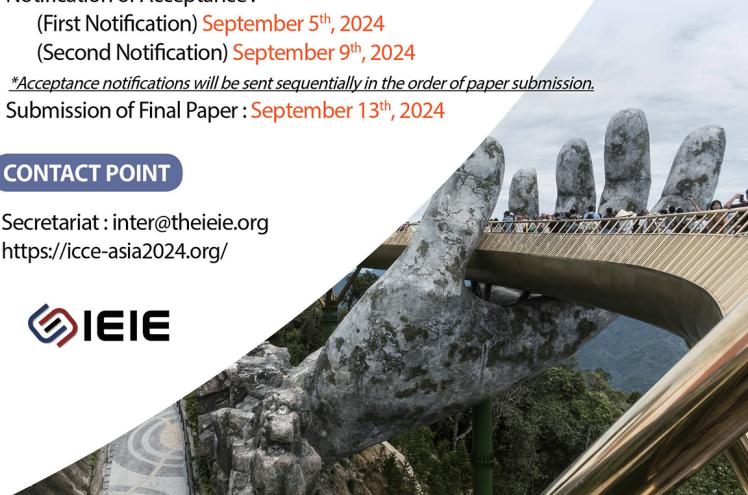
- Submission of Paper : ~~August 16th, 2024~~ **September 4th, 2024**
- Notification of Acceptance :
 - (First Notification) **September 5th, 2024**
 - (Second Notification) **September 9th, 2024**

**Acceptance notifications will be sent sequentially in the order of paper submission.*

- Submission of Final Paper : **September 13th, 2024**

CONTACT POINT

- Secretariat : inter@theieie.org
- <https://icce-asia2024.org/>



2024 추계학술대회



high1 하이원리조트 컨벤션타워(강원도 정선)

RESORT

11. 22(금) ~ 23(토)

| 최우수/일반/학부생 논문

논문제출 : 10월 14일(월)
심사통보 : 10월 21일(월)
사전등록 : 11월 11일(월)

| 정기총회

하이원리조트 컨벤션타워(5층)
2024년 11월 22일(금)

발표분야(학회 6개 소사이어티)

소사이어티	연구회
통신 (Communication)	통신, 미래지능형네트워크, 마이크로파 및 전파전파, ITS, 군사전자, 무선PAN/BAN
반도체 (Semiconductor)	반도체소자 및 재료, 광파 및 양자전자공학, SoC 설계, RF 집적회로, PCB & Package, 정보보안시스템, 내방사선 반도체 설계 및 소자, ESD/EOS & Latchup, 인 메모리 컴퓨팅, 이미지센서
컴퓨터 (Computer)	멀티미디어, 휴먼CT, 융합컴퓨팅, 인공지능/신경망/퍼지, M2M/IoT, 증강휴먼, 인공지능 및 보안, AI 응용, 블록체인
인공지능 신호처리 (AI Signal Processing)	영상이해, 영상처리, 바이오영상신호처리, 음향 및 음성신호처리, 딥러닝, 로봇지능
시스템 및 제어 (System and Control)	전력전자, 제어계측, 의용전자 및 생체공학, 지능로봇, 회로 및 시스템, 국방정보 및 제어, 자동차전자, 의료영상시스템, 스마트팩토리, 스마트 미터링
산업전자 (Industry Electronics)	산업전자제어, 임베디드시스템, 유비쿼터스 센서네트워크, 디지털통신 시스템
New Emerging Area	의료, 에너지, Software, 기타





ICEIC 2025

International Conference on Electronics, Information,
and Communication 2025



JAN. 19 ^(SUN) - 22 ^(WED) 2025 | Osaka International House, Japan

ICEIC 2025 Organizing Committee

General Chair

- Kwang-Hyun Baek Chung-Ang University

General Co-Chair

- Yoshifumi Nishio Tokushima University

Organizing Committee Chair

- Hyuck-In Kwon Chung-Ang University

Organizing Committee Co-Chair

- Jong-Ok Kim Korea University
- Mun-Sik Kang Gangneung-Wonju National University
- Myounggon Kang University of Seoul
- Yongfu Li Shanghai Jiao Tong University
- Z. Wesley Zun Cornell University

TPC Chair

- Minsuk Koo University of Seoul

TPC Co-Chair

- Yoko Uwate Tokushima University
- Ickhyun Song Hanyang University
- Tony Kim Nanyang Technological University
- Yong Shim Chung-Ang University
- Richard J. Cha George Washington University
- Lua Ngo VNU-HCM International University

Best Paper Track Chair

- Sangwan Kim Sogang University

Special Session Chair

- Jae Ho Han Korea University
- Suk-Ju Kang Sogang University

Special Session Co-Chair

- Byeong Ho Choi Korea Electronics Technology Institute
- Sung-Joon Jang Korea Electronics Technology Institute
- Manbok Park Korea National University of Transportation
- Tae-Heon Yang Konkuk University
- Sung Hyun Cho Hanyang University
- Hyun Kim Seoul National University of Science and Technology

Tutorial Chair

- Yoon Kim University of Seoul
- Sung-In Cho Dongguk University

Financial Chair

- Cheol-Ho Hong Chung-Ang University

Registration Chair

- Hyungjin Kim Hanyang University

Publicity Chair

- Ick-Joon Park Joongbu University
- Tae In Kim Inha University

Publication Chair

- Garam Kim Myongji University

Local Arrangement Chair

- Incheon Paik The University of Aizu
- Yousun Kang Tokyo Polytechnic University
- Hyung Do Kim Kyoto University

Conference Activity Chair

- Han Lim Lee Chung-Ang University

Conference Secretary Chair

- Min-Hwi Kim Chung-Ang University

Industry Chair

- Min-Seong Choo Hanyang University

CALL FOR PAPERS

The 24th International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC 2025) is a forum open to all the participants who are willing to broaden professional contacts and to discuss the state-of-the-art technical topics. Regular sessions of ICEIC 2025 will include more than 400 oral and poster presentations. In addition, the conference will offer special sessions, invited talks, keynote speeches, and tutorials to cover a broad spectrum of topics on electronics, information, and communication technologies.

Plenary Speakers

- Jong-Ho Lee (Professor / Former Minister of Science and ICT) Seoul National University
- Joo-Ho Lee (Professor) Ritsumeikan University

Tutorial Speakers

- TOMIOKA Yoichi (Professor) The University of Aizu
- Minkyu Je (Professor) KAIST
- Jian Zhao (Professor) School of Electronic Science and Engineering at Nanjing University
- Jinkyu Kim (Professor) Korea University
- Min-Seong Choo (Professor) Hanyang University
- Sung In Cho (Professor) Dongguk University

TOPIC

Communications

Communication & Information Theories, Communication Networks & Systems, Microwave & Optics, Switching and Routing, Microwave, Antennas and Propagation, Intelligent Transportation System (ITS), Wireless PAN/BAN, Future Networks

Semiconductor and Devices

Analog/Digital Circuits & Systems, RF Integrated Circuits, ComputerAided Design & Modeling, SoC Design & Applications, Semiconductors, Materials and Components, Lightwave and Quantum Electronics, PCB & Packaging, Solar Cell & Semiconductor Devices

Computer and Information

Computer Systems & Applications, Software for Smart Systems, Human Computer Interaction (HCI), Convergence Computing, Multimedia, Graphics, Ubiquitous System, Information Security, Artificial Intelligence, Neural Networks, Machine Learning

Signal Processing

Computer Vision, Digital Signal Processing, Digital Image/Video Processing, Audio, Speech & Acoustic Signal Processing

System and Control

Vehicular Electronics, Instrumentation and Control, Power Electronics & Circuits

Emerging Technologies

Biomedical Electronics and Bioengineering, Bio-electronics, ITConvergence, Renewable Energy, Car & Aviation IT

IMPORTANT DATES

- Submission of Paper : **October 13, 2024**
- Notification of Acceptance : **November 11, 2024**
- Submission of Camera-Ready Paper : **November 25, 2024**

SUBMISSION OF PAPERS

Prospective authors are invited to submit original papers (1~6 pages) of either MS Word or PDF format written in English.

Paper submission procedures are available at <https://iceic.org/>

※ You may submit your paper in either Full Paper format or Abstract format.

CONTACT POINT

- E-mail : inter@theieie.org
- Tel : +82-2-553-0255(Ext. 4)
- <https://iceic.org/>



“미래 기술 · 신산업 기술 정보의 보고” 해동일본기술정보센터, 최신 정보 한글요약 제공

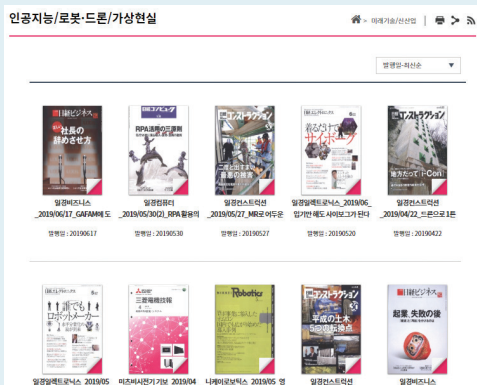


서울대학교 공과대학 해동일본기술정보센터는 대덕전자(故)김정식 회장의 열정과 지원에 의해 최신 일본 기술정보를 산업계와 학계에 널리 알리고자 2010년 3월에 설립하여 현재까지 운영해 오고 있습니다.

3천여권의 공학 및 신산업 관련 서적과 20여종의 Nikkei가 발행한 정기간행물과 40여개사의 기술보고서 등 4천여권의 도서를 통해 다양한 분야의 기술 정보를 제공하고 있습니다.

2016년부터는 소장 정보를 26개의 신산업 카테고리로 구분하여 미래기술과 신산업 관련한 정기간행물의 특집기사와 신문기사의 한글요약 제공과 함께, 주간브리핑 등을 통해 매주 새로운 정보를 메일과 SNS 등으로 배포하고 있습니다.

상세한 사항은 로그인 없이 모든 정보와 이용이 가능한 홈페이지를 참조바랍니다.



해동일본기술정보센터
HAEDONG JAPAN TECHNOLOGY INFORMATION CENTER
HJTIC <http://hjt看.snu.ac.kr>

08826 서울특별시 관악구 관악로 1,
서울대학교 공과대학 35동
전화 : 02-880-8279



<https://www.facebook.com/snuhjt看>



<http://blog.naver.com/hjt看2010>



카카오톡 오픈채팅@HJTIC 브리핑룸

주간브리핑의 무료 이메일 구독을 원하시면,
'hjt看@snu.ac.kr'에 '구독'으로 신청.
카카오톡으로 매일의 기사까지 받아 보시려면,
'오픈채팅@HJTIC브리핑룸' 가입 (pw:2016)



SAE MOBILUS™에서 세계 최고 Automotive Engineering 정보를 만나보세요.

SAE International은 국제 자동차 공학자 협회 (Society of Automotive Engineers)로 자동차, 비행기 및 기타 내연기관 관련 산업의 과학과 기술을 선도하는 학회입니다.

SAE MOBILUS™는 207,000건 이상의 특허 기록 문서, 기술 자료집, 그리고 eBooks과 간행물 자료를 제공합니다. SAE MOBILUS™은 기업의 산업 현장, 학교, 그리고 연구소의 사용자들이 필요한 자료를 이용하실 수 있도록 다양한 구독 옵션을 함께 제공합니다.

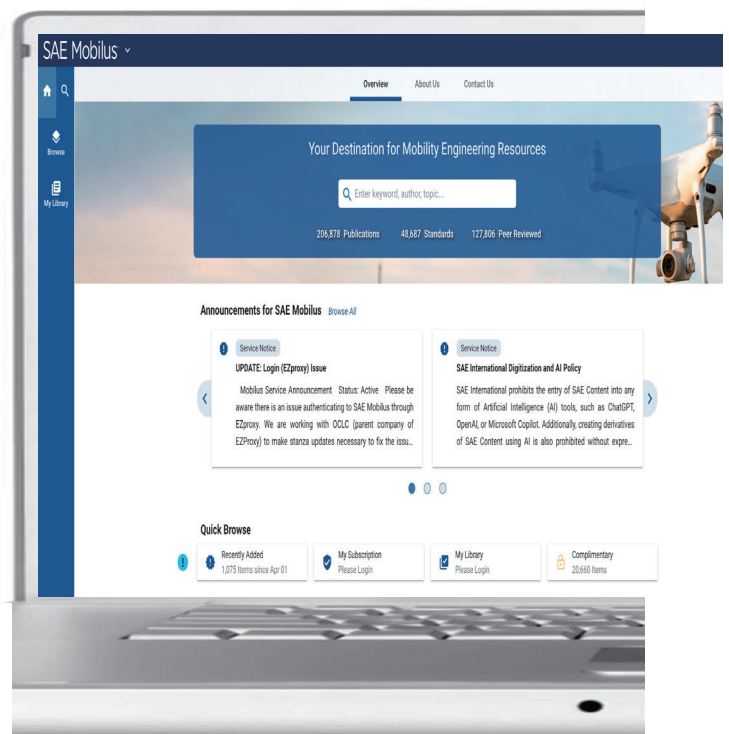
SAE MOBILUS™에서 다음과 같은 다양한 주제 분야에 대한 자료를 확인할 수 있습니다.

- Noise, Vibration, and Harshness (NVH)
- Parts and Components
- Vehicle and Performance
- Quality, Reliability, and Durability
- Maintenance and Aftermarket
- Design Engineering and Styling
- Chassis
- Bodies and Structures
- Safety
- Manufacturing
- Power and Propulsion
- Interiors, Cabins, and Cockpits
- Human Factors and Ergonomics
- Materials
- Fuels and Energy Sources
- Environment
- Electrical, Electronics, and Avionics
- Tests and Testing
- Management and Organization
- Transportation Systems

SAE MOBILOUS™에서 항공 우주 분야 R&D에 필요할 표준 및 규격 그리고 다양한 자료를 검색 및 이용할 수 있습니다.

- +9,300 SAE Ground Vehicle Standards (J-reports)
- +15,500 SAE Aerospace Standards(AS,ARP, AIR, and 2D/3D Configurator Parts)
- +18,200 SAE Aerospace Material Specification (AMS)
- +3,600 SAE ITC Engine & Airframes Standard
- SAE Historical Standards
- Composite Materials Handbook(CMH-17)
- 복합 재료에서 최종 품목을 설계하고 제작하는 데 필요한 정보와 지침을 제공

<http://saemobilus.sae.org>



IEEE와 Rutgers 비즈니스 스쿨에서 엔지니어와 기술 전문가를 위한 IEEE | Rutgers Online Mini-MBA를 소개합니다. 엔지니어와 기술 전문가들의 전문성과 비즈니스 감각을 높일 수 있는 본 프로그램으로 여러분을 초대합니다.



엔지니어와 기술 전문가를 위한 IEEE | Rutgers 온라인 Mini-MBA 프로그램을 소개합니다. 이 프로그램은 전문적인 기술 지식과 비즈니스 역량을 결합하여, 커리어에 새로운 도약을 준비할 수 있는 기회를 제공합니다.

총 12주간 진행되는 본 프로그램은 1인당 등록비 US\$3,495이며, 한 기관에서 10명 이상 등록할 경우, 추가 할인 혜택도 드립니다.

특히, 캡스톤 프로젝트가 포함되어 있어 실제 업무에 프로그램 내용을 적용하고, 업무 효율과 생산성을 높일 수 있는 기회를 제공합니다. 또한, 여러 부서와 협력하여 현재 진행 중인 프로젝트를 프로그램과 연계해 진행할 수도 있습니다.

IEEE | Rutgers Mini-MBA 프로그램의 주요 장점

- 기술적 성과와 조직의 목표를 효과적으로 연결하는 방법을 배웁니다.
- 기술적 경험과 비즈니스 관리 능력을 균형 있게 성장시킬 수 있는 리더십을 강화합니다.
- 다양한 부서와의 긴밀한 협력을 통해 문제 해결 능력을 높이고, 종합적인 관점을 기릅니다.
- 비기술적인 이해관계자들과 원활하게 소통할 수 있도록, 기술과 엔지니어링의 가치를 비즈니스 언어로 표현하는 방법을 익힙니다.

프로그램 수료 시 제공되는 혜택

- IEEE | Rutgers Executive Education Certificate 발급
- 전체 MBA 과정에서 3학점 면제
- 35 PDH(Professional Development Hours) 제공
- 디지털 배지 제공

10명 이상의 그룹이 참여할 경우, 기관 맞춤형 프로그램으로 운영될 수 있으며, 일정 조정도 가능합니다. 학습 내용을 실제 업무에 적용할 수 있는 맞춤형 캡스톤 프로젝트를 통해 실력을 발휘하고, 기관 내에서 의미 있는 성과를 달성할 수 있습니다.

글로벌 비즈니스 시장에서 성공을 이루고 싶은 당신을 위한 기회
비즈니스와 기술의 경계를 넘나드는 실력을 갖추고, 더 큰 성공을 이루고자 한다면, 이 프로그램은 완벽한 선택입니다.

IEEE와 Rutgers Business School이 여러분의 성장을 지원합니다.

자세한 내용은 IEEE | Rutgers Mini-MBA 프로그램에서 확인하실 수 있습니다.

등록에 관심이 있거나 궁금한 점이 있으시면 언제든지 연락주시기 바랍니다:

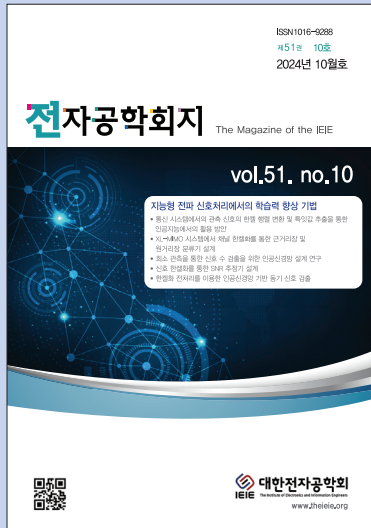
Mini-MBA@ieee.org | innovate.ieee.org/rutgers-mini-mba-for-engineers

강의 주제 포함:

- 비즈니스 벤처 및 혁신
- 신제품 개발 관리
- 재무제표 분석
- 성공적인 협상의 열쇠
- 글로벌 경제의 영향
- 실무 마케팅
- 데이터 기반 문제 해결
- 리더십 전략
- 디지털 혁신의 이해
- 위기 관리 및 대응 전략
- 비즈니스 윤리와 사회적 책임
- 효율적인 팀 관리와 협업
- 창의적 문제 해결 능력 개발
- 자원 관리 및 최적화 전략
- 전략적 의사 결정 모델 구축
- 지속 가능 경영 전략

CONTENTS

제51권 10호 (2024년 10월)



※ 학회지 10월호 표지 (vol 51, No 10)

회지편집위원회

- 위 원 장 황 원 준 (아주대학교 교수)
- 부위원장 김 영 로 (명지전문대학 교수)
- 위 원 김 상 범 (한국폴리텍대학 교수)
박 승 창 (주유오씨 대표)
박 진 선 (부산대학교 교수)
심 규 성 (한경국립대학교 교수)
안 성 수 (명지전문대학 교수)
윤 중 현 (조선이공대학교 교수)
이 정 석 (인하공업전문대학 교수)
이 철 (동국대학교 교수)
정 승 원 (고려대학교 교수)
최 욱 (인천대학교 교수)
- 사무국 편집담당
이 안 순 부장
TEL : (02)553-0255(내선 6)
FAX : (02)562-4753
- 학회 홈페이지
<http://www.theieie.org>

학회소식

12 학회소식 / 편집부

특집 : 지능형 전파 신호처리에서의 학습력 향상 기법

16 특집편집기 / 이웅희

17 통신 시스템에서의 관측 신호의 한켠 행렬 변환 및 특잇값 추출을 통한 인공지능에서의 활용 방안 / 김정환, 이웅희

23 XL-MIMO 시스템에서 채널 한켠화를 통한 근거리장 및 원거리장 분류기 설계 / 김동환, 김정환, 이웅희

30 희소 관측을 통한 신호 수 검출을 위한 인공지능망 설계 연구 / 신경섭

36 신호 한켠화를 통한 SNR 추정기 설계 / 김동환, 송태원

43 한켠화 전처리를 이용한 인공 신경망 기반 동기 신호 검출 / 손준영, 이종호

인터뷰

49 한양대학교 / 이채은 교수

회원광장

55 논문지 논문목차

정보교차로

57 국내외 학술행사 안내 / 편집부

70 특별회원사 및 후원사 명단

2024년도 임원 및 각 위원회 위원

회 장	이 충 용 (연세대학교 교수)	김 기 남 (삼성전자 종합기술원 회장)
	수 석 부 회 장	박 성 옥 (차세대지능형반도체사업단 이사장)
	고 문	신 희 동 (한국전자기술연구원 원장)
		전 영 현 (삼성전자 부회장)
		최 창 식 (DB하이텍 부회장)
감 사	이 재 훈 (유정시스템 대표이사) - 감사	전 병 우 (성균관대학교 교수) - 감사
	부 회 장	구 본 태 (한국전자통신연구원 본부장) - 산학연
		김 종 옥 (고려대학교 교수) - 사업총괄/대외협력
		노 원 우 (연세대학교 교수) - 국제총괄/ICCE Asia/영문논문/신기술
		류 수 정 (사피온코리아 대표이사) - 회원 및 여성
소사이어티 회장	이 승 호 (한밭대학교 교수) - 대외협력/지부	
		고 정 환 (인하공업전문대학 교수) - 산업전자
		장 성 진 (삼성전자 상근고문) - 반도체
		최 용 수 (신한대학교 교수) - 컴퓨터
		김 강 태 (삼성전자 부사장)
협동부 회장	김 영 한 (UC San Diego / 가우스랩스 대표이사)	김 형 준 (한국과학기술연구원 소장)
		송 문 섭 (삼텍 회장)
		엄 낙 웅 (한국전자통신연구원 책임연구원)
		원 제 형 (도쿄엘렉트론코리아 대표이사)
		이 광 엽 (서경대학교 교수)
상 임 이 사	이 병 선 (김포대학교 교수)	이 서 규 (한국팹리스산업협회 회장)
		이 재 관 (한국자동차연구원 소장)
		전 선 익 (파이낸셜뉴스 부회장)
		정 준 (솔리드 대표이사)
		강 석 주 (서강대학교 교수) - 총무
산 업 체 이 사	권 혁 인 (중앙대학교 교수) - 사업총괄2	김 영 로 (명지전문대학 교수) - 회지편집
		김 용 신 (고려대학교 교수) - 대외협력/산학연
		김 윤 (서울시립대학교 교수) - 사업
		김 재 준 (서울대학교 교수) - JSTS
		김 현 (서울과학기술대학교 교수) - ICCEC/기획
이 사	동 성 수 (온인예술과학대학교 교수) - 교육	변 대 석 (삼성전자 마스터) - 교육
		선 우 경 (서울대학교 교수) - 회원 및 여성
		송 진 호 (연세대학교 교수) - ICCE Asia
		유 찬 세 (한국전자기술연구원 수석연구원) - 사업총괄1
		이 덕 우 (계명대학교 교수) - 논문 편집
이 사		이 후 진 (한성대학교 교수) - ICCE Asia
		정 일 권 (한국전자통신연구원 본부장) - 사업
		조 성 현 (한양대학교 교수) - 논문편집 총괄
		황 원 준 (아주대학교 교수) - 회지편집
		고 웅 남 (하나미이크론 전무)
이 사		김 현 수 (삼성전자 상무)
		서 경 열 (뷰웍스 부사장)
		우 정 호 (비전넥스트 대표이사)
		이 도 훈 (국가보안기술연구소 수석연구원)
		이 수 인 (텔레칩스 상무)
이 사		천 이 우 (넥스트칩 연구소장)
		한 은 혜 (에스에스앤씨 대표이사)
		홍 국 태 (LX세미콘 연구위원)
		공 재 하 (고려대학교 교수) - 대외협력

협동이사

권 구 덕 (강원대학교 교수) - 기획
 권 태 수 (서울과학기술대학교 교수) - 정보화
 김 선 옥 (고려대학교 교수) - 교육
 김 소 영 (성균관대학교 교수) - JSTS
 김 재 욱 (한국과학기술연구원 선임연구원) - 학술(하계)
 김 혁 (서울시립대학교 교수) - 교육
 문 상 미 (나사렛대학교 교수) - 여성/회원
 배 현 철 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 학술(추계)
 변 영 재 (UNIST 교수) - ICCE Asia
 안 상 철 (한국과학기술연구원 책임연구원) - 신기술
 안 호 군 (한국전자통신연구원 실장) - 사업
 윤 상 민 (국민대학교 교수) - 신기술
 이 구 순 (파이낸셜뉴스 이사) - 홍보
 이 영 택 (ASML 전문) - 교육
 이 철 (동국대학교 교수) - 학회지
 임 동 구 (전북대학교 교수) - 정보화
 장 지 원 (연세대학교 교수) - 학회지
 정 해 준 (경희대학교 교수) - 국문논문
 진 성 훈 (인천대학교 교수) - 학술(하계)
 최 광 성 (한국전자통신연구원 실장) - 대외협력
 최 영 규 (인하대학교 교수) - 학술(하계)
 최 재 혁 (서울대학교 교수) - ICCE Asia
 하 정 우 (네이버 SI연구소장) - 신기술
 한 동 국 (국민대학교 교수) - 사업
 한 태 희 (성균관대학교 교수) - 국문논문
 허 재 두 (한국전자통신연구원 연구전문위원) - 사업
 황 태 호 (한국전자기술연구원 본부장) - 학술(하계)
 구 민 석 (서울시립대학교 교수) - 기획
 권 경 하 (KAIST 교수) - 사업
 김 건 우 (목포대학교 교수) - 회원
 김 기 현 (전북대학교 교수) - 회원
 김 대 영 (순천향대학교 교수) - 회원
 김 사 혁 (KISDI 책임연구원) - 대외협력
 김 정 석 (가천대학교/셀리코 교수/대표이사) - 대외협력
 김 형 진 (한양대학교 교수) - 회원/여성
 민 경 식 (국민대학교 교수) - JSTS
 배 준 성 (강원대학교 교수) - 정보화
 서 민 재 (서울시립대학교 교수) - 홍보/정보화
 서 중 열 (LG전자 그룹장) - 산학연
 송 준 영 (인천대학교 교수) - 홍보
 신 세 운 (POSTECH 교수) - 사업
 오 윤 호 (고려대학교 교수) - 학술(추계)
 유 동 훈 (디시일로 연구소장) - 산학연
 윤 명 국 (이화여자대학교 교수) - 신기술
 윤 희 인 (UNIST 교수) - 홍보
 이 재 규 (삼성전자 마스터) - 산학연
 이 정 원 (서울대학교 교수) - 회원/여성
 장 지 수 (삼성전자 PE) - 사업
 정 방 철 (충남대학교 교수) - 정보화
 정 완 영 (KAIST 교수) - 홍보
 차 철 웅 (한국전자기술연구원 센터장) - 표준화
 최 강 선 (한국기술교육대학교 교수) - SPC
 추 민 성 (한양대학교 교수) - 기획
 홍 상 완 (서강대학교 교수) - 대외협력

권 기 록 (부경대학교 교수) - 학술(하계)
 김 민 규 (LG이노텍 상무) - 산학연
 김 성 우 (서울대학교 교수) - 대외협력
 김 유 철 (LG SI연구원 본부장) - 신기술
 김 중 현 (고려대학교 교수) - 사업
 류 은 석 (성균관대학교 교수) - 사업
 박 성 정 (건국대학교 교수) - 국제협력
 백 종 덕 (연세대학교 교수) - 신기술
 안 광 호 (한국전자기술연구원 본부장) - 대외협력
 안 상 수 (명지전문대학 교수) - 학회지
 원 용 욱 (명지대학교 교수) - 신기술
 윤 종 윤 (파두 사장) - 교육
 이 상 만 (고려대학교 교수) - 산학연
 이 창 우 (가톨릭대학교 교수) - 국제협력
 이 태 동 (국제대학교 교수) - 홍보/정보화
 장 성 욱 (카카오모빌리티 부사장) - 신기술
 전 동 석 (서울대학교 교수) - 학술(하계)
 제 민 규 (KAIST 교수) - ICCE Asia
 채 관 엽 (삼성전자 마스터) - 대외협력
 최 병 호 (한국전자기술연구원 연구소장) - 산학연
 최 재 욱 (가천대학교 교수) - 국문논문
 최 정 욱 (한양대학교 교수) - 학회지
 하 태 준 (광운대학교 교수) - 학술(추계)
 한 진 호 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 국제협력
 함 범 섭 (연세대학교 교수) - 학술(하계)
 황 진 영 (한국항공대학교 교수) - 홍보

권 건 우 (홍익대학교 교수) - 학술(하계)
 권 중 원 (한국산업기술시험원 책임연구원) - 학술(추계)
 김 근 영 (한국전자통신연구원 연구원) - 학술(하계)
 김 도 훈 (한국전자통신연구원 박사) - 표준화
 김 범 현 (한양대학교 교수) - 정보화
 김 승 환 (한국전자통신연구원 책임연구원) - 학술(추계)
 김 현 우 (고려대학교 교수) - 신기술
 류 성 주 (서강대학교 교수) - 학술(하계)
 박 관 서 (연세대학교 교수) - 학술(추계)
 배 준 호 (가천대학교 교수) - 표준화
 서 봉 상 (올포랜드 상무) - 홍보/정보화
 송 익 현 (한양대학교 교수) - 회원
 송 철 (DGIST 교수) - 신기술
 심 민 섭 (경상국립대학교 교수) - 회원
 유 경 창 (삼성전자 수석연구원) - 회원
 유 성 철 (쌍용정보통신 상무) - 홍보/정보화
 윤 상 훈 (한국전자기술연구원 책임연구원) - 사업
 이 권 형 (LG전자 팀장) - 학술(하계)
 이 정 석 (인하공업전문대학 교수) - 학회지
 임 매 순 (한국과학기술연구원 책임연구원) - 사업
 정 민 채 (세종대학교 교수) - 국문논문
 정 성 엽 (차세대융합기술연구원 실장) - 학술(하계)
 정 재 욱 (인천대학교 교수) - 학회지
 채 주 형 (광운대학교 교수) - 총무
 최 욱 (인천대학교 교수) - 학회지
 한 상 욱 (삼성전자 연구원) - 학술(하계)

지부장 명단

강 원 지 부
 대구·경북지부
 부산·경남·울산지부
 제 주 지 부
 호 서 지 부
 미 국

강 문 식 (강릉원주대학교 교수)
 이 찬 수 (영남대학교 교수)
 고 진 환 (경상국립대학교 교수)
 고 석 준 (제주대학교 교수)
 강 윤 희 (백석대학교 교수)
 최 명 준 (텔레다인 박사)

광주·전남지부
 대전·충남지부
 전 북 지 부
 충 북 지 부
 일 본
 러 시 아 지 부

최 수 일 (전남대학교 교수)
 김 철 영 (충남대학교 교수)
 이 주 연 (전주비전대학교 교수)
 조 문 규 (한국교통대학교 교수)
 강 유 선 (Tokyo Polytechnic University 교수)
 Prof. Edis B. TEN (National University of Science and Technology)

위원회 명단

자문위원회

위원장	박 항 구 (소암시스템 회장)	공 준 진 (삼성전자공과대학교 교수)	구 용 서 (단국대학교 석좌교수)
부위원장	박 성 한 (한양대학교 명예교수)	김 수 중 (경북대학교 명예교수)	김 영 권 (건국대학교 명예교수)
위원	고 성 제 (고려대학교 명예교수)	나 정 웅 (KAIST 명예교수)	문 영 식 (한양대학교 명예교수)
	김 성 대 (KAIST 명예교수)	박 진 옥 (육군사관학교 명예교수)	백 준 기 (중앙대학교 교수)
	김 재 희 (연세대학교 명예교수)	성 광 모 (서울대학교 명예교수)	윤 중 용 (한국공학교육인증원 이사장)
	박 규 태 (연세대학교 명예교수)	이 상 설 (한양대학교 명예교수)	이 재 홍 (서울대학교 명예교수)
	서 승 우 (서울대학교 교수)	이 혁 재 (서울대학교 교수)	임 제 탁 (한양대학교 명예교수)
	이 문 기 (연세대학교 명예교수)	전 국 진 (서울대학교 명예교수)	전 홍 태 (중앙대학교 명예교수)
	이 진 구 (동국대학교 명예교수)	천 경 준 (씨젠 회장)	홍 대 식 (연세대학교 교수)
	임 혜 숙 (이화여자대학교 교수)		
	정 정 화 (한양대학교 명예교수)		
	홍 승 홍 (인하대학교 명예교수)		

기획위원회

위원장	강 명 곤 (서울시립대학교 교수)	권 구 덕 (강원대학교 교수)	권 민 우 (강릉원주대학교 교수)
부위원장	김 현 (서울과학기술대학교 교수)	송 익 현 (한양대학교 교수)	심 원 보 (서울과학기술대학교 교수)
위원	구 민 석 (서울시립대학교 교수)	채 주 형 (광운대학교 교수)	추 민 성 (한양대학교 교수)
	배 종 호 (국민대학교 교수)		
	조 문 규 (한국교통대학교 교수)		

학술연구위원회 - 하계

위원장	김 훈 (인천대학교 교수)	김 근 영 (한국전자통신연구원 연구원)	김 도 현 (제주대학교 교수)
위원	강 문 식 (강릉원주대학교 교수)	김 익 군 (한국전자통신연구원 본부장)	김 혁 (서울시립대학교 교수)
	김 영 민 (서울대학교 교수)	인 치 호 (세명대학교 교수)	정 성 엽 (차세대융합기술연구원 실장)
	이 권 형 (LG전자 팀장)	조 성 현 (한양대학교 교수)	진 성 훈 (인천대학교 교수)
	정 승 원 (고려대학교 교수)	한 재 호 (고려대학교 교수)	
	한 상 옥 (삼성전자 연구원)		

학술연구위원회 - 추계

위원장	이 강 윤 (성균관대학교 교수)	권 중 원 (한국산업기술시험원 책임연구원)	김 승 환 (한국전자통신연구원 책임)
위원	고 형 호 (충남대학교 교수)	배 현 철 (한국전자통신연구원 책임연구원)	오 윤 호 (고려대학교 교수)
	박 관 서 (연세대학교 교수)		
	하 태 준 (광운대학교 교수)		

논문편집위원회

위원장	조 성 현 (한양대학교 교수)	강 제 원 (이화여자대학교 교수)	권 구 덕 (강원대학교 교수)
위원	강 성 복 (한국생산기술연구원 수석연구원)	김 기 연 (한국산업기술시험원 선임연구원)	김 명 선 (한성대학교 교수)
	권 중 원 (한국산업기술시험원 책임연구원)	김 선 용 (건국대학교 교수)	김 영 로 (명진전문대학 교수)
	김 상 범 (한국폴리텍대학 교수)	김 학 구 (중앙대학교 교수)	심 규 성 (한경국립대학교 교수)
	김 영 선 (대림대학교 교수)	유 재 준 (UNIST 교수)	윤 중 현 (조선이공대학교 교수)
	여 영 정 (연세대학교 교수)	이 중 호 (송실대학교 교수)	임 민 중 (동국대학교 교수)
	이 덕 우 (계명대학교 교수)	최 재 용 (가천대학교 교수)	추 민 성 (한밭대학교 교수)
	조 성 인 (동국대학교 교수)		

국제협력위원회

위원장	노 원 우 (연세대학교 교수)	박 성 정 (건국대학교 교수)	이 창 우 (가톨릭대학교 교수)
위원	김 태 욱 (연세대학교 교수)		
	한 진 호 (한국전자통신연구원 책임연구원)		

대외협력위원회

위원장	김 용 신 (고려대학교 교수)	김 사 혁 (KSDI 책임연구원)	김 성 우 (서울대학교 교수)
위원	궁 재 하 (고려대학교 교수)	안 광 호 (한국전자기술연구원 본부장)	채 관 엽 (삼성전자 마스터)
	김 정 석 (가천대학교/셀리코 교수/대표이사)		

최 광 성 (한국전자통신연구원 실장) 홍 성 완 (서강대학교 교수)

회원관리위원회

위 원 장	선 우 경 (서울대학교 교수)		
위 원	김 건 우 (목포대학교 교수)	김 기 현 (전북대학교 교수)	김 대 영 (순천향대학교 교수)
	김 민 주 (단국대학교 교수)	김 민 휘 (중앙대학교 교수)	김 형 진 (한양대학교 교수)
	문 상 미 (나사렛대학교 교수)	송 익 현 (한양대학교 교수)	심 민 섭 (경상국립대학교 교수)
	유 경 창 (삼성전자 수석연구원)	이 정 원 (서울대학교 교수)	

회지편집위원회

위 원 장	황 원 준 (아주대학교 교수)		
부 위 원 장	김 영 로 (명지전문대학 교수)		
위 원	김 상 범 (한국폴리텍대학 교수)	박 승 창 (유오씨 대표)	박 진 선 (부산대학교 교수)
	심 규 성 (한경국립대학교 교수)	안 성 수 (명지전문대학 교수)	윤 중 현 (조선이공대학교 교수)
	이 정 석 (인하공업전문대학 교수)	이 철 (동국대학교 교수)	정 승 원 (고려대학교 교수)
	최 욱 (인천대학교 교수)		

사업위원회

위 원 장	유 찬 세 (한국전자기술연구원 수석연구원)		
부 위 원 장	권 혁 인 (중앙대학교 교수)		
위 원	김 윤 (서울시립대학교 교수)	김 중 현 (고려대학교 교수)	류 은 석 (성균관대학교 교수)
	선우명훈 (아주대학교 교수)	손 교 민 (삼성전자 마스터)	연 규 봉 (한국자동차연구원 팀장)
	정 일 권 (한국전자통신연구원 본부장)		

교육연구위원회

위 원 장	변 대 석 (삼성전자 마스터)	동 성 수 (용인예술과학대학교 교수)	
위 원	김 선 옥 (고려대학교 교수)	김 혁 (서울시립대학교 교수)	류 현 석 (서울대학교 교수)
	박 영 우 (TEL 부사장)	변 영 재 (UNIST 교수)	윤 종 윤 (파두 대표이사)
	이 영 택 (ASML 전무)	이 후 진 (한성대학교 교수)	정 성 엽 (차세대융합기술연구원 실장)
	최 병 수 (한국전자통신연구원 박사)		

홍보/정보화위원회

위 원 장	서 병 석 (상지대학교 교수)		
위 원	공 규 열 (한성대학교 교수)	권 태 수 (서울과학기술대학교 교수)	김 범 현 (한양대학교 교수)
	배 준 성 (강원대학교 교수)	서 민 재 (서울시립대학교 교수)	서 봉 상 (울포랜드 상무)
	송 준 영 (인천대학교 교수)	유 성 철 (쌍용정보통신 상무)	윤 희 인 (UNIST 교수)
	이 구 순 (파이낸셜뉴스 이사)	이 태 동 (국제대학교 교수)	임 동 구 (전북대학교 교수)
	정 방 철 (충남대학교 교수)	정 완 영 (KAIST 교수)	황 진 영 (한국항공대학교 교수)

표준화위원회

위 원 장	김 원 종 (한국전자통신연구원 책임연구원)		
부 위 원 장	연 규 봉 (한국자동차연구원 팀장)		
위 원 (간 사)	김 도 훈 (한국전자통신연구원 박사)		
위 원	권 기 원 (성균관대학교 교수)	김 성 동 (서울과학기술대학교 교수)	박 재 영 (광운대학교 교수)
	배 준 호 (가천대학교 교수)	이 상 근 (성균관대학교 교수)	좌 성 훈 (서울과학기술대학교 교수)
	차 철 웅 (한국전자기술연구원 센터장)		

신기술위원회

위 원 장	한 재 호 (고려대학교 교수)		
위 원	고 정 길 (연세대학교 교수)	김 혁 (서울시립대학교 교수)	김 현 우 (고려대학교 교수)
	송 철 (DGIST 교수)	원 용 욱 (명지대학교 교수)	윤 상 민 (국민대학교 교수)
	장 현 재 (KIST 선임연구원)		

지부담당위원회

위 원 장	이 승 호 (한밭대학교 교수)		
위 원	강 문 식 (강릉원주대학교 교수)	강 윤 희 (백석대학교 교수)	고 석 준 (제주대학교 교수)
	고 진 환 (경상국립대학교 교수)	김 철 영 (충남대학교 교수)	이 주 연 (전주비전대학교 교수)

이 찬 수 (영남대학교 교수)

최 수 일 (전남대학교 교수)

조 문 규 (한국교통대학교 교수)

선거관리위원회

위 원 장 전 홍 태 (중앙대학교 교수)

위 원 강 명 곤 (서울시립대학교 교수)

조 성 현 (한양대학교 교수)

강 석 주 (서강대학교 교수)

한 재 호 (고려대학교 교수)

조 성 재 (이화여자대학교 교수)

포상위원회

위 원 장 임 해 숙 (이화여자대학교 교수)

위 원 강 명 곤 (서울시립대학교 교수)

조 성 재 (이화여자대학교 교수)

위원 및 간사겸임 강 석 주 (서강대학교 교수)

김 훈 (인천대학교 교수)

조 성 현 (한양대학교 교수)

백 광 현 (중앙대학교 교수)

인사위원회

위 원 장 이 총 용 (연세대학교 교수)

위 원 강 석 주 (서강대학교 교수)

조 성 재 (이화여자대학교 교수)

김 현 (서울과학기술대학교 교수)

백 광 현 (중앙대학교 교수)

JSTS 편집위원회

위 원 장 김 재 준 (서울대학교 교수)

위 원 강 명 곤 (서울시립대학교 교수)

김 상 범 (서울대학교 교수)

김 윤 (서울시립대학교 교수)

민 경 식 (국민대학교 교수)

이 가 원 (충남대학교 교수)

정 재 경 (한양대학교 교수)

차 호 영 (홍익대학교 교수)

한 재 덕 (한양대학교 교수)

강 인 만 (경북대학교 교수)

김 상 완 (서강대학교 교수)

김 지 훈 (이화여자대학교 교수)

서 문 교 (성균관대학교 교수)

이 강 윤 (성균관대학교 교수)

조 성 재 (이화여자대학교 교수)

최 우 석 (서울대학교 교수)

권 혁 인 (중앙대학교 교수)

김 소 영 (성균관대학교 교수)

남 일 구 (부산대학교 교수)

신 민 철 (KAIST 교수)

전 동 석 (서울대학교 교수)

조 일 환 (명지대학교 교수)

최 우 영 (서울대학교 교수)

SPC위원회

위 원 장 박 철 수 (광운대학교 교수)

자 문 위 원 김 선 욱 (고려대학교 교수)

심 동 규 (광운대학교 교수)

조 남 익 (서울대학교 교수)

운영위원 (간사) 공 경 보 (부산대학교 교수)

운영위원 김 종 욱 (고려대학교 교수)

운영위원 겸 편집위원 강 석 주 (서강대학교 교수)

김 재 곤 (한국항공대학교 교수)

정 승 원 (고려대학교 교수)

편 집 위 원 권 건 우 (홍익대학교 교수)

김 영 빈 (중앙대학교 교수)

김 진 술 (전남대학교 교수)

김 현 (서울과학기술대학교 교수)

박 승 창 (유오씨 대표이사)

엄 찬 호 (중앙대학교 교수)

오 현 우 (쓰리웨이스프트 기업 연구소장)

윤 은 준 (경일대학교 교수)

이 후 진 (한성대학교 교수)

장 승 진 (한밭대학교 교수)

장 희 선 (평택대학교 교수)

진 훈 (경기대학교 교수)

송 병 철 (인하대학교 교수)

김 창 수 (고려대학교 교수)

임 해 숙 (이화여자대학교 교수)

조 민 호 (고려대학교 교수)

조 성 인 (동국대학교 교수)

유 양 모 (서강대학교 교수)

김 영 민 (홍익대학교 교수)

서 영 호 (광운대학교 교수)

황 원 준 (아주대학교 교수)

권 준 석 (중앙대학교 교수)

김 용 태 (경북대학교 교수)

김 태 석 (광운대학교 교수)

남 일 구 (부산대학교 교수)

신 영 주 (고려대학교 교수)

오 지 형 (중앙대학교 교수)

우 성 민 (한국기술교육대학교 교수)

이 재 훈 (고려대학교 교수)

이 훈 (부경대학교 교수)

장 주 용 (광운대학교 교수)

정 성 윤 (영남대학교 교수)

최 상 호 (광운대학교 교수)

백 준 기 (중앙대학교 교수)

전 병 우 (성균관대학교 교수)

홍 승 혁 (수원대학교 교수)

최 강 선 (한국기술교육대학교 교수)

김 원 준 (건국대학교 교수)

이 채 은 (한양대학교 교수)

황 인 철 (강원대학교 교수)

김 병 서 (홍익대학교 교수)

김 원 중 (한국전자통신연구원 책임연구원)

김 태 환 (한국항공대학교 교수)

민 경 식 (국민대학교 교수)

신 오 순 (송실대학교 교수)

오 태 현 (POSTECH 교수)

유 지 현 (광운대학교 교수)

이 철 (동국대학교 교수)

임 성 훈 (DGIST 교수)

장 훈 석 (한국전자기술연구원 선임연구원)

조 성 현 (한양대학교 교수)

황 성 윤 (가천대학교 교수)

바이오-메디컬연구회

위 원 장 김 동 현 (연세대학교 교수)

Society 명단

통신소사이터티

회 장	신 오 순 (숭실대학교 교수)	김 재 현 (아주대학교 교수)	김 진 영 (광운대학교 교수)
부 회 장	김 선 용 (건국대학교 교수)	오 정 근 (ATNS 대표이사)	윤 석 현 (단국대학교 교수)
	김 훈 (인천대학교 교수)	이 재 진 (숭실대학교 교수)	이 정 우 (중앙대학교 교수)
	이 인 규 (고려대학교 교수)	허 준 (고려대학교 교수)	
감 사	최 천 원 (단국대학교 교수)	이 흥 노 (광주과학기술원 교수)	
협 동 부 회 장	유 명 식 (숭실대학교 교수)	김 연 은 (브로던 대표이사)	김 영 한 (숭실대학교 교수)
	김 병 남 (에이스테크놀로지 연구소장)	방 승 찬 (한국전자통신연구원 원장)	연 철 홀 (LGT 상무)
	김 용 석 (답스 대표이사)	장 병 수 (이노벨류네트웍스 부사장)	정 현 규 (한국전자통신연구원 부장)
	이 재 훈 (유정시스템 대표이사)		
	조 인 호 (에이스테크놀로지 박사)	김 성 훈 (한국전자통신연구원 박사)	김 정 호 (이화여자대학교 교수)
이 사	김 광 순 (연세대학교 교수)	김 중 현 (고려대학교 교수)	서 철 현 (숭실대학교 교수)
	김 준 수 (한국공항공대학교 교수)	손 인 수 (동국대학교 교수)	신 수 용 (금오공과대학교 교수)
	성 원 진 (서강대학교 교수)	윤 중 호 (한국항공대학교 교수)	윤 지 훈 (서울과학기술대학교 교수)
	신 요 안 (숭실대학교 교수)	이 재 훈 (동국대학교 교수)	이 중 호 (숭실대학교 교수)
	이 예 훈 (서울과학기술대학교 교수)	임 중 태 (홍익대학교 교수)	장 석 호 (건국대학교 교수)
	이 호 경 (홍익대학교 교수)	조 성 래 (중앙대학교 교수)	조 성 현 (한양대학교 교수)
	정 소 이 (아주대학교 교수)	최 진 식 (한양대학교 교수)	허 서 원 (홍익대학교 교수)
	최 지 용 (대구경북과학기술원 교수)	황 승 훈 (동국대학교 교수)	황 인 태 (전남대학교 교수)
간 사	홍 인 기 (경희대학교 교수)	정 소 이 (아주대학교 교수)	
연구회위원장	김 중 현 (고려대학교 교수)	윤 상 민 (국민대학교 교수) - 지능형네트워크	
	최 영 준 (아주대학교 교수) - 통신	이 철 기 (아주대학교 교수) - ITS	
	조 춘 식 (한국항공대학교 교수) - 마이크로파 및 전파전자	허 재 두 (한국전자통신연구원 연구전문위원) - 무선 PAN/BAN	
	김 강 욱 (경북대학교 교수) - 군사전자		

반도체소사이터티

회 장	장 성 진 (삼성전자 상근고문)	권 오 경 (한양대학교 교수, 반소전임회장)	김 영 환 (POSTECH 교수)
자 문 위 원	공 준 진 (삼성전자 마스터/ 교수)	김 진 상 (경희대학교 총장, 반소전임회장)	김 희 석 (청주대학교 교수)
	김 재 석 (연세대학교 교수)	선우명훈 (아주대학교 교수, 반소전임회장)	손 보 익
	박 홍 준 (POSTECH 교수)	신 현 철 (한양대학교 교수, 반소전임회장)	우 남 성 (반소전임회장)
	신 승 송 (반소전임회장)	임 신 일 (서경대학교 교수)	임 형 규 (반소전임회장)
	이 승 훈 (서강대학교 교수)	정 연 모 (경희대학교 교수)	정 항 근 (전북대학교 교수)
	전 영 현 (삼성전자 부회장, 반소전임회장)	조 경 순 (한국외국어대학교 교수)	조 상 복 (울산대학교 교수)
	소 경 신 (시놀시스 사장)	최 기 영 (서울대학교 교수)	최 승 중 (웰랑 대표이사)
	조 중 휘 (인천대학교 교수, 반소전임회장)	허 열 (실리콘마이터스 회장)	
감 사	이윤중 (KAIST 교수)	이 광 역 (서경대학교 교수)	
부 회 장	이 강 윤 (성균관대학교 교수)	고 대 협 (LX세미콘 연구소장)	이 한 호 (인하대학교 교수)
	박 영 우 (EXICON 사장)	최 중 호 (서울시립대학교 교수)	김 동 규 (한양대학교 교수)
	이 혁 덕 (충남대학교 교수)		
	안 기 현 (한국반도체산업협회 전무)	김 지 훈 (이화여자대학교 교수)	김 현 (서울과학기술대학교 교수)
총 무 이 사	고 형 호 (충남대학교 교수)	박 종 선 (고려대학교 교수)	윤 찬 호 (삼성전자 마스터)
	류 현 석 (서울대학교 교수)	유 창 식 (삼성전자 부사장)	조 성 재 (이화여자대학교 교수)
	황 상 준 (삼성전자 부사장)	김 철 우 (고려대학교 교수)	범 진 욱 (서강대학교 교수)
편 집 이 사	노 정 진 (한양대학교 교수)	송 민 규 (동국대학교 교수)	이 병 훈 (POSTECH 교수)
	한 태 희 (성균관대학교 교수)	이 혁 재 (서울대학교 교수)	이 희 덕 (충남대학교 교수)
학 술 이 사	강 진 구 (인하대학교 교수)	정 진 균 (전북대학교 교수)	차 호 영 (홍익대학교 교수)
	변 영 재 (UNIST 교수)	최 창 환 (한양대학교 교수)	
	이 승 호 (한밭대학교 교수)	공 배 선 (성균관대학교 교수)	공 정 택 (성균관대학교 교수)
	인 치 호 (세명대학교 교수)	김 소 영 (성균관대학교 교수)	김 시 호 (연세대학교 교수)
	최 우 영 (연세대학교 교수)	김 원 중 (한국전자통신연구원 실장)	김 종 선 (홍익대학교 교수)
사 업 이 사	강 운 병 (삼성전자 마스터)	송 광 현 (중앙대학교 교수)	변 대 석 (삼성전자 마스터)
	김 동 순 (세종대학교 교수)	백 승 호 (삼성전자 부사장)	엄 낙 웅 (한국전자통신연구원 책임연구원)
	김 용 석 (성균관대학교 교수)	이 상 훈 (웨이브피아 대표)	조 태 제 (DGIST 교수)
	니 영 선 (LX세미콘 상무)	최 병 호 (한국전자기술연구원 연구소장)	최 윤 경 (고려대학교 교수)
	손 고 민 (삼성전자 마스터)		
	오 정 우 (연세대학교 교수)	이 성 수 (숭실대학교 교수)	
	최 규 명 (서울대학교 교수)	김 동 현 (ICTK 사장)	김 보 은 (라온텍 사장)
	최 준 립 (경북대학교 교수)	나 준 호 (실리콘웍스 전무)	손 재 철
재 무 이 사	권 기 원 (성균관대학교 교수)	신 용 석 (케이던스코리아 사장)	오 문 욱 (삼성전자 부사장)
산 학 이 사	김 경 수 (넥스트칩 대표이사)	이 장 규 (텔레칩스 대표이사)	
	김 준 석 (ADT 사장)	문 웅 (숭실대학교 교수)	
	송 태 훈 (휴인스 사장)	김 상 인 (아주대학교 교수) - 광파워전자자공학	
	이 도 영 (옵토레인 사장)	황 인 철 (강원대학교 교수) - RF직접회로	
회 원 이 사	노 원 우 (연세대학교 교수)	김 의 균 (한국전자통신연구원 본부장) - 정보보안시스템	
연구회위원장	최 우 영 (서울대학교 교수) - 반도체소재및재료	김 한 구 (삼성전자공과대학교 교수) - ESD/EOS & Latchup	
	이 강 윤 (성균관대학교 교수) - SoC설계	송 민 규 (동국대학교 교수) - 이미지센서	
	정 원 영 (강원공업 본부장) - PCB&Package	권 구 덕 (강원대학교 교수)	
	정 의 준 (경희대학교 교수) - 내방사전 반도체 설계 및 소자	김 영 민 (홍익대학교 교수)	
	노 원 우 (연세대학교 교수) - 인 메모리 컴퓨팅	류 성 주 (서강대학교 교수)	
협 동 위 원	강 명 곤 (서울시립대학교 교수)	양 준 성 (연세대학교 교수)	
	권 영 수 (한국전자통신연구원 책임연구원)	이 영 주 (POSTECH 교수)	
	김 재 욱 (KIST 그룹장)	이 형 민 (고려대학교 교수)	
	박 성 정 (건국대학교 교수)	정 무 경 (SK사피온 CTO)	
	오 윤 호 (성균관대학교 교수)	채 형 일 (건국대학교 교수)	
	이 우 주 (중앙대학교 교수)		
	전 동 석 (서울대학교 교수)		
	정 윤 호 (항공대학교 교수)		

[illegible]

[illegible]

제24대 평의원 명단

강명곤 (서울시립대학교 교수)
강석판 (LG전자 상무)
강제원 (이화여자대학교 교수)
고성재 (고려대학교 명예교수)
고진환 (경상대학교 교수)
공배선 (성균관대학교 교수)
구민석 (서울시립대학교 교수)
궁재하 (고려대학교 교수)
권구덕 (강원대학교 교수)
권태수 (서울과학기술대학교 교수)
김강태 (삼성전자 부사장)
김기현 (전북대학교 교수)
김도훈 (한국전자통신연구원 박사)
김동현 (CTK 대표이사)
김민휘 (중앙대학교 교수)
김상태 (전남테크노파크 본부장)
김성태 (한국과학기술원 명예교수)
김수중 (경북대학교 명예교수)
김시호 (연세대학교 교수)
김영민 (홍익대학교 교수)
김영재 (해동과학문화재단 이사장)
김원종 (한국전자통신연구원 책임연구원)
김은원 (대림대학교 교수)
김재현 (아주대학교 교수)
김종욱 (고려대학교 교수)
김진상 (경희대학교 교수)
김철우 (고려대학교 교수)
김한구 (삼성전자공과대학교 교수)
김현 (부천대학교 교수)
김형진 (한양대학교 교수)
나정웅 (한국과학기술원 명예교수)
남일구 (부산대학교 교수)
노정진 (한양대학교 교수)
류성주 (서강대학교 교수)
문상미 (나사렛대학교 교수)
민경식 (국민대학교 교수)
박규태 (연세대학교 명예교수)
박성정 (건국대학교 교수)
박영훈 (숙명여자대학교 교수)
박종일 (한양대학교 교수)
박철수 (광운대학교 교수)
배순민 (케이티 Lab장)
백광현 (중앙대학교 교수)
범진욱 (서강대학교 교수)
서민재 (서울시립대학교 교수)
서승우 (서울대학교 교수)
서지원 (연세대학교 교수)
성광모 (서울대학교 명예교수)
송민규 (동국대학교 교수)
송익현 (한양대학교 교수)
신세운 (포항공과대학교 교수)
신창환 (고려대학교 교수)
심용 (중앙대학교 교수)
안상철 (한국과학기술연구원 책임연구원)
안호균 (한국전자통신연구원 실장)
연규봉 (한국자동차연구원 수석연구원)
오태현 (포항공과대학교 교수)

강문식 (강릉원주대학교 교수)
강성원 (한국전자통신연구원 부원장)
고병철 (계명대학교 교수)
고용남 (하나미크론 전무)
고형호 (충남대학교 교수)
공준진 (삼성전자공과대학교 주임교수)
구본태 (한국전자통신연구원 본부장)
권건우 (홍익대학교 교수)
권기룡 (부경대학교 교수)
권혁인 (중앙대학교 교수)
김경기 (대구대학교 교수)
김도현 (제주대학교 교수)
김동규 (한양대학교 교수)
김동현 (연세대학교 교수)
김병서 (홍익대학교 교수)
김선용 (건국대학교 교수)
김성우 (서울대학교 교수)
김승천 (한성대학교 교수)
김영권 (후레대학교 명예총장)
김영민 (서울대학교 교수)
김영한 (UC San Diego/가우스랩스 대표이사)
김원준 (건국대학교 교수)
김익균 (한국전자통신연구원 본부장)
김재희 (연세대학교 명예교수)
김중현 (고려대학교 교수)
김진영 (광운대학교 교수)
김태욱 (연세대학교 교수)
김혁 (서울시립대학교 교수)
김현수 (삼성전자 상무)
김형탁 (홍익대학교 교수)
남광희 (포항공과대학교 교수)
노승원 (LGI노텍 CTO)
노태문 (한국전자통신연구원 연구전문위원)
류수정 (사피온코리아 대표이사)
문영식 (한양대학교 명예교수)
민동보 (이화여자대학교 교수)
박성욱 (차세대지능형반도체사업단 이사장)
박성한 (한양대학교 명예교수)
박인규 (인하대학교 교수)
박준석 (인하대학교 교수)
박항구 (소암시스템 회장)
배준성 (강원대학교 교수)
백종덕 (연세대학교 교수)
변대석 (삼성전자 마스터)
서병석 (상지대학교 교수)
서정목 (연세대학교 교수)
서철현 (숭실대학교 교수)
손교민 (삼성전자 마스터)
송병철 (인하대학교 교수)
송준영 (인천대학교 교수)
신오순 (숭실대학교 교수)
신현철 (광운대학교 교수)
안광호 (한국전자기술연구원 본부장)
안성수 (명지전문대학 교수)
양준성 (연세대학교 교수)
오윤제 (정보통신기획평가원 PM)
우성민 (한국기술교육대학교 교수)

강석주 (서강대학교 교수)
강윤희 (백석대학교 교수)
고석준 (제주대학교 교수)
고정환 (인하공업전문대학 교수)
공규열 (한성대학교 교수)
곽진태 (고려대학교 교수)
구용서 (단국대학교 석좌교수)
권경하 (한국과학기술원 교수)
권종원 (한국산업기술시험원 책임연구원)
권호열 (강원대학교 교수)
김기연 (한국산업기술시험원 선임연구원)
김도현 (국민대학교 명예교수)
김동식 (인하공업전문대학 교수)
김명선 (한성대학교 교수)
김상범 (한국폴리텍대학 교수)
김선욱 (고려대학교 교수)
김소영 (성균관대학교 교수)
김승환 (한국전자통신연구원 책임)
김영로 (명지전문대학 교수)
김영선 (대림대학교 교수)
김용신 (고려대학교 교수)
김윤 (서울시립대학교 교수)
김재준 (서울대학교 교수)
김종선 (홍익대학교 교수)
김지훈 (이화여자대학교 교수)
김철영 (충남대학교 교수)
김학구 (중앙대학교 교수)
김현 (서울과학기술대학교 교수)
김형준 (한국과학기술연구원 소장)
김훈 (인천대학교 교수)
남기창 (동국대학교 교수)
노원우 (연세대학교 교수)
동성수 (용인예술과학대학교 교수)
류은석 (성균관대학교 교수)
문용 (숭실대학교 교수)
박관서 (연세대학교 교수)
박성욱 (강릉원주대학교 교수)
박수현 (국민대학교 교수)
박종선 (고려대학교 교수)
박진욱 (육군사관학교 명예교수)
방승찬 (한국전자통신연구원 원장)
배현철 (한국전자통신연구원 책임연구원)
백준기 (중앙대학교 교수)
변영재 (울산과학기술원 교수)
서봉상 (울포랜드 상무)
서종모 (서울대학교 교수)
선우경 (서울대학교 교수)
송문섭 (심텍 회장)
송상현 (중앙대학교 교수)
송진호 (연세대학교 교수)
신요안 (숭실대학교 교수)
심동규 (광운대학교 교수)
안병구 (홍익대학교 교수)
안현식 (동명대학교 교수)
엄낙웅 (한국전자통신연구원 책임연구원)
오윤호 (고려대학교 교수)
우윤택 (한국과학기술원 교수)

우 정 호 (비전넥스트 대표이사)
 유 성 철 (쌍용정보통신 상무)
 유 찬 세 (한국전자기술연구원 수석연구원)
 윤 명 국 (이화여자대학교 교수)
 윤 영 권 (삼성전자 마스터)
 이 강 윤 (성균관대학교 교수)
 이 규 복 (한국전자기술연구원 부원장)
 이 동 규 (카카오모빌리티 부사장)
 이 상 만 (고려대학교 교수)
 이 서 규 (한국팹리스산업협회 회장)
 이수 인 (텔레칩스 상무)
 이 우 주 (중앙대학교 교수)
 이 장 규 (텔레칩스 대표이사)
 이 재 진 (송실대학교 교수)
 이 정 석 (인하공업전문대학 교수)
 이 중 호 (서울대학교 교수)
 이 찬 수 (영남대학교 교수)
 이 천 희 (전주대학교 교수)
 이 태 동 (국제대학교 교수)
 이 형 민 (고려대학교 교수)
 이 희 덕 (충남대학교 교수)
 임 성 훈 (대구경북과학기술원 교수)
 장 길 진 (경북대학교 교수)
 전 국 진 (서울대학교 명예교수)
 전 선 익 (파이낸셜뉴스 부회장)
 전 재 욱 (성균관대학교 교수)
 정 방 철 (충남대학교 교수)
 정 승 원 (고려대학교 교수)
 정 원 영 (강원공업 본부장)
 정 이 품 (연세대학교 교수)
 정 준 (솔리드 대표이사)
 조 남 익 (서울대학교 교수)
 조 성 재 (이화여자대학교 교수)
 주 영 복 (한국기술교육대학교 교수)
 채 영 철 (연세대학교 교수)
 최 강 선 (한국기술교육대학교 교수)
 최 성 민 (해치텍 대표이사)
 최 영 돈 (삼성전자 마스터)
 최 우 영 (연세대학교 교수)
 최 재 혁 (서울대학교 교수)
 최 창 식 (DB하이텍 부회장)
 하 태 준 (광운대학교 교수)
 한 은 혜 (에스에스앤씨 대표이사)
 한 태 화 (연세대의료원 팀장)
 함 철 희 (삼성전자 마스터)
 홍 국 태 (X세미콘 연구위원)
 홍 승 홍 (인하대학교 명예교수)
 황 성 윤 (가천대학교 교수)
 황 인 태 (전남대학교 교수)

원 제 형 (도쿄엘렉트론코리아 대표이사)
 유 윤 섭 (경고대학교 교수)
 유 창 동 (한국과학기술원 교수)
 윤 상 훈 (한국전자기술연구원 책임연구원)
 윤 종 용 (삼성전자 비상임고문)
 이 광 엽 (서경대학교 교수)
 이 덕 우 (계명대학교 교수)
 이 명 재 (한국과학기술연구원 책임연구원)
 이 성 설 (한양대학교 명예교수)
 이 성 준 (한양대학교 교수)
 이 승 호 (한밭대학교 교수)
 이 윤 구 (광운대학교 교수)
 이 재 관 (한국자동차연구원 소장)
 이 재 훈 (서울대학교 명예교수)
 이 정 원 (서울대학교 교수)
 이 주 연 (전주비전대학교 교수)
 이 창 우 (가톨릭대학교 교수)
 이 철 (동국대학교 교수)
 이 한 호 (인하대학교 교수)
 이 후 진 (한성대학교 교수)
 인 치 호 (세명대학교 교수)
 임 제 탁 (한양대학교 명예교수)
 장 성 진 (삼성전자 상근고문)
 전 동 석 (서울대학교 교수)
 전 세 영 (서울대학교 교수)
 전 홍 태 (중앙대학교 명예교수)
 정 범 진 (서울과학기술대학교 교수)
 정 영 모 (한성대학교 교수)
 정 은 성 (홍익대학교 교수)
 정 일 권 (한국전자통신연구원 본부장)
 정 해 준 (경희대학교 교수)
 조 도 현 (인하공업전문대학 교수)
 조 성 현 (한양대학교 교수)
 진 훈 (인양대학교 교수)
 채 주 형 (광운대학교 교수)
 최 광 성 (한국전자통신연구원 실장)
 최 수 일 (전남대학교 교수)
 최 용 수 (신한대학교 교수)
 최 욱 (인천대학교 교수)
 최 정 욱 (한양대학교 교수)
 최 천 원 (단국대학교 교수)
 한 동 국 (국민대학교 교수)
 한 재 호 (고려대학교 교수)
 한 태 회 (성균관대학교 교수)
 허 재 두 (한국전자통신연구원 연구전문위원)
 홍 대 식 (연세대학교 교수)
 홍 인 기 (경희대학교 교수)
 황 원 준 (아주대학교 교수)
 황 진 영 (한국항공대학교 교수)

유 명 식 (송실대학교 교수)
 유 재 준 (울산과학기술원 교수)
 유 창 식 (삼성전자 부사장)
 윤 석 현 (단국대학교 교수)
 윤 종 윤 (파두 사장)
 이 규 대 (공주대학교 교수)
 이 덕 진 (전북대학교 교수)
 이 문 기 (연세대학교 명예교수)
 이 상 훈 (웨이브피아 대표이사)
 이수 민 (한국센서연구소 대표이사)
 이영택 (ASML 전무)
 이 인 규 (고려대학교 교수)
 이재 규 (삼성전자 마스터)
 이재 훈 (유정시스템 대표이사)
 이 중 호 (서울대학교 교수)
 이 진 구 (동국대학교 석좌교수)
 이재은 (한양대학교 교수)
 이충용 (연세대학교 교수)
 이 혁 재 (서울대학교 교수)
 이 흥 노 (광주과학기술원 교수)
 임 대 영 (한국산업기술시험원 박사)
 임 혜 숙 (이화여자대학교 교수)
 장 익 준 (경희대학교 교수)
 전 병 우 (성균관대학교 교수)
 전 영 현 (삼성전자 부회장)
 정 민 채 (세종대학교 교수)
 정 성 업 (차세대융합기술연구원 선임연구원)
 정 완 영 (KAIST 교수)
 정 은 승 (삼성전자 고문)
 정 정 화 (한양대학교 석좌교수)
 제 민 규 (한국과학기술원 교수)
 조 문 규 (한국교통대학교 교수)
 조 영 민 (SkyMir CEO)
 채 관 엽 (삼성전자 마스터)
 천 경 준 (씨젠 회장)
 최 병 호 (한국전자기술연구원 연구소장)
 최 영 규 (인하대학교 교수)
 최 우 영 (서울대학교 교수)
 최 재 용 (가천대학교 교수)
 최 중 호 (서울시립대학교 교수)
 추 민 성 (한양대학교 교수)
 한 동 석 (경북대학교 교수)
 한 진 호 (한국전자통신연구원 책임연구원)
 함 범 섭 (연세대학교 교수)
 허 준 (고려대학교 교수)
 홍 성 완 (서강대학교 교수)
 홍 철 호 (중앙대학교 교수)
 황 인 철 (강원대학교 교수)
 황 태 호 (한국전자기술연구원 본부장)

사무국 직원 명단

송기원 국장 - 산학연관 협력, 신규 사업, 저문/서울IT포럼, 지부, 인사, 규정, 회장단 관련, 총회 등 사무국 총괄
 이안수 부장 - 학회지, 추계학술대회, 이사회/평의원회, 총무업무(선거, 공문, 임원관련, 송년회, 포상 및 Wiset 등), 산업전자소사이터티
 배지영 부장 - 국제학술대회 총괄(ITC-CSCC, ICBC, ICCE-Asia), 하계종합학술대회, 신기술(총괄), 시스템 및 제어소사이터티
 배기동 부장 - 사업행사(기술워크숍 등), 국문논문, 표준화, 용역업무, 인공지능신호처리소사이터티
 변은정 부장 - 본회/소사이터티/연구회 재무, 회원관리(개인회원 및 특별회원), 기획, 통신소사이터티
 이소진 서기 - 국제학술대회 담당(ITC-CSCC, ICBC, ICCE-Asia), 외국 기관과 국제협력(Joint Award 등), JSTS 및 SPC 발간, 컴퓨터소사이터티
 김예빈 서기 - 정보화(홈페이지 관리 및 디지털 업무지원, 장비관리), 교육, 홍보, 신기술(담당), 기타 지원업무, 반도체소사이터티

학회소식

제24회 RF/아날로그 회로 워크숍

RF집적회로연구회[워크숍 운영위원장: 구본태 본부장(ETRI)]에서는 “제24회 RF/아날로그 회로 워크숍”을 9월 26일(목)~28일(토) 라마다프라자 제주 호텔에서 개최하였다.

지난 24년간 한국의 반도체 기술의 발전을 위해서 연구하는 산학연의 전문가들이 모여서 기술의 현황을 공유하고 미래에 갈 길을 같이 고민을 하는 장이 되어왔으며 올해도 최고의 전문가분들께 듣는 강연 및 회의장 안과 바깥에서의 심도 있는 논의를 통해, 우리나라가 RF/아날로그 회로 설계에서 세계가 필요로 하는 기술을 발전시켜 나가는데 한 역할을 하도록 최대한 노력을 하였으며 시스템 반도체 설계 및 연구 역량을 강화할 수 있는 프로그램을 제공하고, 국내 시스템 반도체 분야의 산학연에 종사하는 모든 구성원의 성장에 기여하고자 시스템 반도체의 핵심 기술이 되는 RF/아날로그 회로의 최고 전문가들을 모시고 다채로운 주제로 발표가 진행되었으며, 약 200여 명이 참여하였다.



워크숍 전경



워크숍 단체 사진



개회식 - 감사패 전달



폐회사 - 조직위원장 황인철 교수

제 11회 2024 AIoT Technology & Business 포럼

반도체소사이어티[포럼 운영위원장 : 김용석 석좌교수(가천대)]에서는 “제 11회 2024 AIoT Technology & Business 포럼”을 9월 26일(수) 가천대학교 비전타워 가천컨벤션센터(5층)에서 개최하였다.

이번 포럼은 11회째 행사로 특정 주제로 한정하지 않고, AI와 IoT 기술이 만들어 내는 응용 분야 전체를 구성하여 오전 세션에서는 트렌드 및 AI 기술에 대한 강연이 진행되었으며 오후 세션에는 IoT, AI가 만들어 내는 응용 분야에 대한 상세한 논의가 이루어졌다. 이번 포럼을 통하여 AI, IoT 기술과 그 응용을 이해하고 사업 전반을 모색하는 자리가 되었으며 활발한 질문과 토론이 진행되었다. 참여 인원은 180여 명이었다.



포럼 강연 사진



포럼 단체 사진

차세대 기술까지 지능형 반도체의 현재와 미래를 모두 아우르는 내용으로 구성되어 강연되었다. 참여는 약 100명이었다.



지능형 반도체 워크숍

지능형 반도체 워크숍

본 학회 사업위원회[프로그램위원장 : 김 윤 교수(서울시립대)] 개최로 “지능형 반도체 워크숍”이 10월 11일(금) 과학기술회관 중회의실8에서 하이브리드 형태로 개최되었다.

본 워크숍을 통하여 지능형 반도체 기술은 인공지능을 더욱 빠르고 저전력으로 구현하는 데 핵심적인 역할을 하고 있다. 이러한 기술 발전의 흐름에 발맞추어, 지능형 반도체의 기초적인 내용부터 최신 기술 및 산업 동향까지 소개하는 “지능형 반도체 워크숍”을 개최하였다. 현재 상용화되고 있는 최신 기술인 HBM, NPU, On-device AI 기술을 비롯해서, Neuromorphic 및 Processing-in-memory와 같은

신규회원 가입현황

기간 : 2024년 9월 1일 - 9월 30일

〈정회원〉

이재민(대구경북과학기술원), 이재식(대원강업), 김동교(동아대학교),
추해수(부경대학교), 강태욱, 송태석(성균관대학교), 정수진(아날로그
에이아이), 김주현(영남대학교), 이규철(충남대학교), 홍원빈(포항공과
대학교), 박세호, 양철승(한국전자기술연구원), 김윤지(한화시스템)

이상 13명

〈평생회원〉

김형진(연세대학교)

이상 1명

〈학생회원〉

김푸름, 송재원(고려대학교), 응웬부이응옥한(광운대학교), 전예솔(국
립강릉원주대학교), 김민상(국립한밭대학교), 오재윤, 채재영(단국대
학교), 구본영, 김성진, 성희원, 송순규, 허동렬(대구경북과학기술원),
진인환(부경대학교), 정성훈, 최규진(부산대학교), 서명우, 이병현, 채
문재(서울대학교), 김우현, 유성룡(성균관대학교), 이학훈(송실대학
교), 김동형, 임현정(연세대학교), 이태환(울산과학기술원), 권다운(울
산대학교), 김상민, 안양진, 천송이(인천대학교), 조인장(전남대학교),
김경렬, 박정훈, 양현호, 조훈기, 최은애, 황근영(충남대학교), 진우정(
한국과학기술원), 이승훈(한국외국어대학교), 이원제(한동대학교), 김
태형(한성대학교), 김범준(한양대학교)

이상 40명

학회일지

www.theieie.org

THE INSTITUTE OF
ELECTRONICS AND INFORMATION
ENGINEERS

(2024년 9월 13일 ~ 10월 12일)

1. 회의 개최

회의 명칭	일시	장소	주요 안건
제3차 ICEIC 2025 조직위원회 회의	9.20 (17:00)	학회 회의실	- 논문모집 및 프로그램 구성 등
4차 선거관리위원회 회의	9.26 (16:00)	학회 회의실	- 2025년도 임원 선출 준비 논의 등
제3차 추계 조직위원회 회의	10.4 (11:00)	온라인	- 프로그램 구성 등
1차 포상위원회 회의	10.8 (17:30)	학회 회의실	- 학회상 및 해동상 수상후보자 심의 등
1차 재정위원회 회의	10.11 (10:30)	학회 회의실	- 학회 기금 운용 논의 등

2. 행사 개최

구분	행사명	기간	장소
RF집적회로연구회	제24회 RF/아날로그 회로 워크숍	9.26-9.28	라마다프라자 제주호텔(8층)
반도체소사이어티	2024 AIoT Technology & Business 포럼	9.26	가천대학교 가천컨벤션센터(5층)
사업위원회	지능형 반도체 워크숍(온라인 병행)	10.11	과학기술회관 중회의실8

지능형 전파 신호처리에서의 학습력 향상 기법



이웅희 편집위원
(동국대학교)

현대 기술의 급속한 발전과 함께, 방대한 양의 학습 데이터 활용 가능성과 병렬 컴퓨팅 성능이 크게 향상됨에 따라, 인공 신경망은 이미지 분류, 필기 숫자 인식, 음성 인식, 게임 인텔리전스 등과 같은 광범위한 분야의 최첨단 기술군이 되었습니다. 아울러 무선 통신 및 센싱 등의 전파 기반 신호처리 분야에서도 예외 없이, 인공 신경망은 무궁무진한 문제들을 해결해가고 있습니다. 이와 같은 기존 지능형 전파 신호처리 연구에 있어, 본 특집기의 저자들은 다음과 같은 문제에 대한 해답을 총 5편의 특집호 기고문을 거쳐 원론적인 기법에 대한 소개 및 다양한 응용 사례들을 제시하고 있습니다.

첫째, 전파 신호는 통상 적절한 수의 복소 지수 함수의 중첩으로 이루어지며, 적절한 샘플링 주파수를 통하여 유한수열의 형태로 관측됩니다. 인공 신경망을 통한 전파 기반 신호처리를 고려할 때, 관측된 유한수열 혹은 이것의 익히 알려진 변형(예: 실수부와 허수부 분리, 크기부와 위상부 분리, 이산 푸리에 변환 등)을 최적의 입력 데이터라 할 수 있을까요? 아울러, 이러한 학습력 극대화는 학습에 요구되는 데이터량이나 인공 신경망 등의 경량화에 기여할 수 있을까요?

둘째, 무선 통신 및 센싱과 같은 전파 기반 신호처리는 필연적으로 다양한 형태의 잡음이 수반되며, 무작위성이 큰 환경에서 활용되고 있습니다. 지능형 전파 기반 신호처리를 고려할 때, 상기 언급한 익히 알려진 변형 형태들보다 더욱 잡음에 강인하며, 환경 변화에 적응적인 데이터 변환법이 존재할 수 있을까요?

통계적 추론에 기반한 인공 신경망 최적화를 통하여 상기 문제들을 일정 부분 해결할 수 있습니다. 하지만, 전파 신호의 실수부/허수부 혹은 크기부/ 위상부 등으로의 분리를 통한 앙상블 모델은 높은 차원의 입력 데이터 및 인공 신경망 층이 요구되며, 매우 많은 양의 학습용 데이터를 필요로 합니다. 물론 분산 학습 등을 통한 문제 해결을 고려할 수 있지만, 이는 분산 모델 공유 및 재분배 등과 같은 필연적인 오버헤드가 존재합니다. 이에 인공 신경망 기반의 전파 신호처리에서는 이러한 문제들을 해결할 수 있는 새로운 형태의 데이터 변환법이 필수적이며, 본 특집기에서는 이에 대한 특정 해결책을 제공하고 있습니다.

본 특집호가 지능형 전파 신호처리의 고도화를 위한 새로운 디딤돌이 되어 우리나라 IT융합 산업의 발전과 경쟁력 강화에 기여할 수 있기를 기원합니다.

통신 시스템에서의 관측 신호의 한켠 행렬 변환 및 특잇값 추출을 통한 인공지능에서의 활용 방안

I. 서론

신호처리 분야에서는 나이퀴스트-섀넌 샘플링 이론을 통해 주파수 대역폭이 제한된 상황에서 무작위로 발생된 연속 함수 형태의 신호를 복원하기 위해서는 해당 주파수 대역의 두배의 샘플링 주파수를 통해 관측된 수열 형태의 신호가 요구된다는 사실은 신호처리 분야에서의 대표적인 이론으로 사용되어 왔으며, 압축 센싱과 같은 희소 신호처리 기법은 미지수의 수보다 적은 관측 수로도 신호를 복원할 수 있다는 선형 대수적 문제를 해결할 수 있는 기법으로 널리 알려지며 무선 통신 등 많은 통신 시스템에서 사용되어져 왔다.

한편에 현대 사회에서는 모든 사물을 네트워크에 연결하여 정보를 생성하고 공유하는 internet of things (IoT)를 구축하고 있다. 하지만 연산 능력과 메모리의 크기와 같이 자원은 한정되어 있기에^{[1],[2]}, 현대 무선 통신 시스템에서는 데이터 전송 속도 및 채널 용량에 이점이 있는 넓은 대역폭을 지닌 초고주파 신호를 활용하고 있다. 이러한 초고주파를 활용한 통신 시스템에서는 신호와 채널이 희소해진다는 매우 흥미로운 특성이 존재함과 동시에, IoT 디바이스 수가 증가함에 따라 많은 데이터를 처리하는 기술은 필수적이라고 할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 인공 신경망을 활용한 연구가 미래 통신 시스템 구축을 위한 주요 기술로써 떠오르고 있으며^{[3]-[5]}, 이를 이용한 연구 또한 많은 발전을 이루었다. 하지만, 이러한 기존 인공 신경망 기반의 방식들은 높은 차원의 데이터와 많은 양의 데이터가 필요한 문제점이 존재하므로 해당 문제를 해결하기 위한 대안책은 필수적이라고 볼 수 있다.

따라서, 본 원고에서는 상기 문제를 해결하기 위하여 관측한 수열 형



김 정 환
동국대학교



이 웅 회
동국대학교

태의 신호를 인덱스 특성이 있는 구조화된 행렬의 일종인 한켈 행렬로 변환을 한 후 해당 행렬의 수학적 랭크 특성에 대하여 살펴본다. 그 후, 행렬 분해 기법의 일종인 특잇값 분해를 실시하여 획득한 특잇값들이 함유한 정보적 관점을 고찰하며, 기존 수열 변형 기법인 실수부와 허수부 분리, 크기부와 위상부 분리 등을 사용하여 인공 신경망 입력으로 사용한 기법들과 대비하여 신경망의 학습량을 극대화 및 데이터 경량화를 할 수 있게 하는 새로운 데이터 변환법에 대하여 소개하도록 한다.

II. 한켈화 및 랭크 특성

1. 전파 신호 모델링

일반적으로 K 개의 전파의 중첩에 기반하여 시간-주파수-공간 영역에서의 일반적인 전파 신호는 아래와 같이 나타난다^[6].

$$\mathbf{H} = \sum_{k=1}^K \alpha_k e^{j2\pi(\nu_k t - \tau_k f)} \mathbf{a}_R(\theta_{R,k}) \mathbf{a}_T^*(\theta_{T,k}). \quad (1)$$

식 (1)의 변수들인 α_k , n_k , 그리고 t_k 는 각각 k 번째 경로의 복소 이득, 도플러 편이, 시간 지연을 의미하며, $\mathbf{a}_R(\theta_{R,k})$, $\mathbf{a}_T(\theta_{T,k})$ 는 k 번째 경로의 수신 및 송신단의 조향 벡터를 의미한다. 또한, *는 켈레 전치 연산자를 의미한다.

본 원고에서는 위 식을 기반으로 임의의 관측 영역에서 등간격으로 샘플링하면 이는 서로 다른 K 개의 등비수열의 중첩으로 이루어지는 것은 당연한 사실이고, 이는 시간, 주파수, 공간 그 어떤 영역에서도 성립이 되며 식은 아래와 같이 표현이 가능하다.

$$s[l] = \sum_{k=1}^K a_k e^{j2\pi\phi_k\psi_k l} = \sum_{k=1}^K a_k b_k^l, \forall l \in \{0, \dots, L-1\}. \quad (2)$$

위 식에서 ϕ_k , ψ_k 가 각각 위에서 언급한 샘플링 간격 및 도플러 편이 또는 시간 지연이 표현한다고 볼 수 있다. 또한, 일반적으로 무선 통신 시스템에서 잡음이 항상 동반되기 때문에 잡음 환경에서의 샘플링된 전파 신호는 최종적으로 아래와 같다.

$$x[l] = s[l] + w[l]. \quad (3)$$

위 식 (3)에서 w 는 가산성 백색 가우시안 잡음을 의미

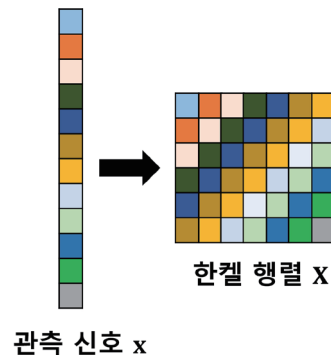
한다. 본 원고에서는 식 (3)에 기반한 잡음이 포함된 전파 신호를 바탕으로 하위 내용에서 한켈화에 대하여 자세히 설명하도록 하겠다.

2. 한켈화의 개념

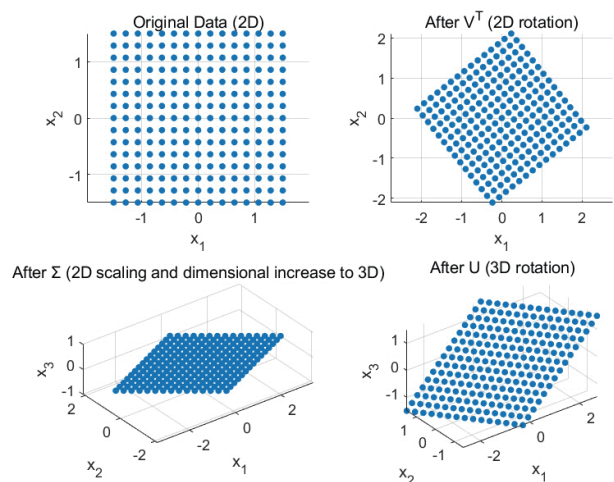
앞서 보았던 식 (3)의 관측 신호 $x \in \mathbb{C}^L$ 를 <그림 1>과 같이 구조적 특성이 있는 한켈 행렬 X 로 변환한다. 그림과 같이 일정한 인덱싱 규칙을 가지고 벡터 (신호)를 행렬로 변환하는 것을 알 수 있으며, 이를 본 원고에서는 이를 한켈화라고 명칭하고 아래와 같이 정의한다.

$$X[n, m] = x[n + m]_{0 \leq n \leq P-1, 0 \leq m \leq P'-1}. \quad (4)$$

위 식 (4)에서 P, P' 은 각각 한켈 행렬 X 의 행과 열 차원을 의미하며, 최대한 정방 행렬에 가깝게 만들도록 한다. 위 과정에 대한 예를 들자면, 신호의 첫 번째 인덱스 값은 행렬의 (0, 0)에 위치하며 두 번째 인덱스 값은



<그림 1> 한켈화의 기본 개념 그림.



<그림 2> 특잇값 분해 시각화.

행렬의 (1, 0), (0, 1)에 위치한 것을 볼 수 있다. 이에 대한 자세한 과정은 아래 그림을 참고하여 쉽게 알 수 있다. 식 (4)에서 행렬 X 는 다양한 차원으로 표현될 수 있지만, 본 원고에서는 가능한 행렬 X 를 정방 행렬에 가깝게 구성하도록 한다. 따라서 관측 신호 x 의 길이 L 짝수이면 $P' = P + 1$ 인 행렬이 되며, 그렇지 않으면 행렬 X 는 정방행렬이 된다.

3. 저랭크 특성

상기 내용에서 관측 신호를 변환한 한켈 행렬 X 를 특잇값 분해를 표현하면 아래와 같다.

$$X = U \Sigma V^H. \quad (5)$$

위 식 (5)에서 $U \in \mathbb{C}^{P \times P}$ 와 $V \in \mathbb{C}^{P' \times P'}$ 는 각각 행렬 X 의 왼쪽, 오른쪽 특이벡터 행렬들을 의미하며, $\Sigma \in \mathbb{R}^{P \times P'}$ 는 대각 행렬로써 대각 성분들은 내림차순으로 정렬되어 있는 특잇값 행렬이다. 또한, H 연산자는 에르미트 전치 (켈레전치) 연산자를 의미한다. 특잇값 분해를 쉽게 이해하기 위하여 <그림 2>를 첨부하였다. 해당 그림은 2차원 공간에 있는 실수 데이터를 이용하여 식 (5)의

특잇값 분해를 통해 나온 각 행렬들을 차례대로 적용하였을 시 기하적 시각화를 통해 쉽게 이해를 돕는 그림이며, 또한 행렬 $X \in \mathbb{R}^{3 \times 2}$ 로 가정하였다. 쉽게 말하여 행렬은 선형변환을 의미하고, 특잇값은 이 선형변환에 의해 어떠한 수학적 대상이 벡터공간 상에서 일그러지는지를 확인할 수 있다.

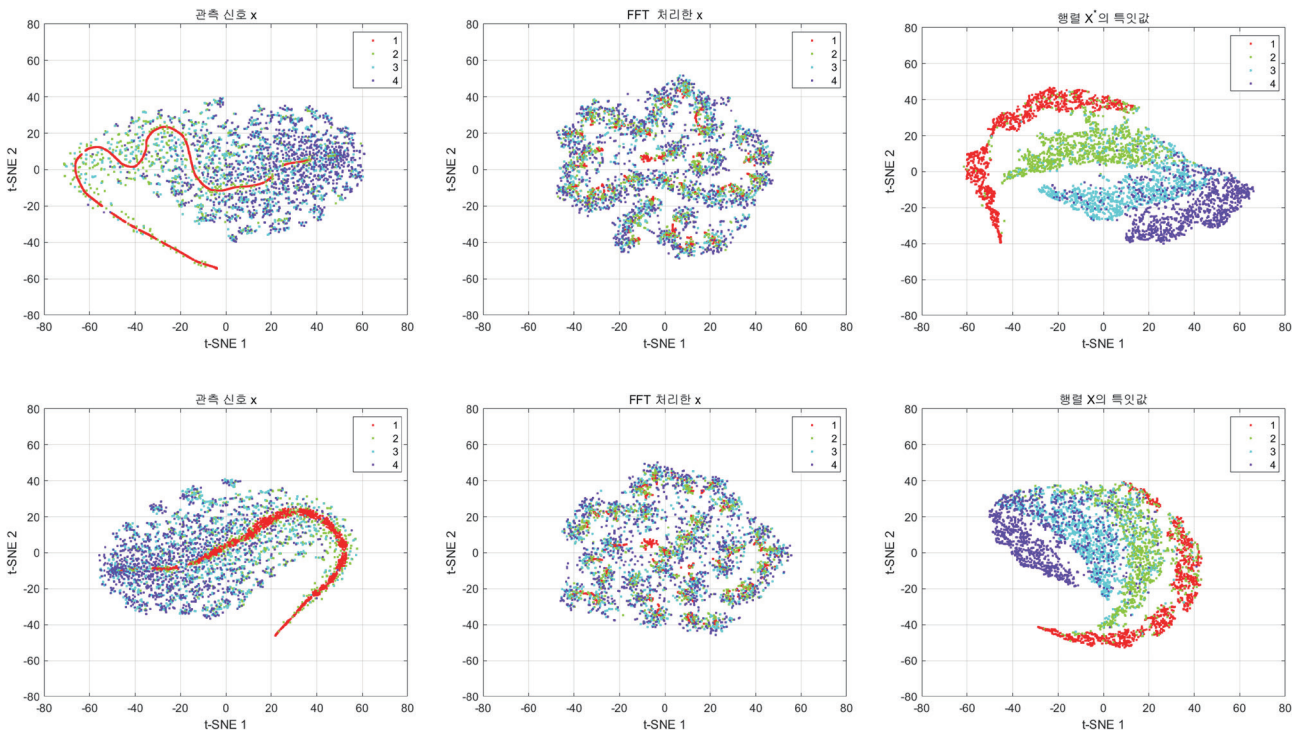
다음으로 한켈 행렬 X 의 유용성을 검증하기 위하여 식 (3)의 w 이 0인 상황 (잡음이 없는 이상적인 상황)인 관측 신호 x 를 고려하고, 신호의 길이 $L > 2K$ (즉, $P > K$)라고 할때 변환된 한켈 행렬을 X^* 라고 가정할 때 행렬 X^* 의 특성은 아래와 같다.

$$\text{rank}(\lim_{SNR \rightarrow \infty} X) = \text{rank}(X^*) = . \quad (6)$$

해당 특성을 증명하기 위해 행렬 X^* 의 임의의 행을 살펴보기 위하여 식 (2)를 기반으로 표현하면 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\mathbf{X}^*[n, :] = \sum_{k=1}^K \alpha_k \beta_k^{(n+l)}, \quad \forall l \in \{0, \dots, P'-1\}. \quad (7)$$

식 (7)을 이용하여 수식적인 설명보다는 쉬운 이해를 위하여 설명하면, $k \neq k'$ (이해를 위해 서로 다른 주파수



<그림 3> t-SNE 분석 시각화 (위: 잡음 없는 상황, 아래: SNR = 20dB).

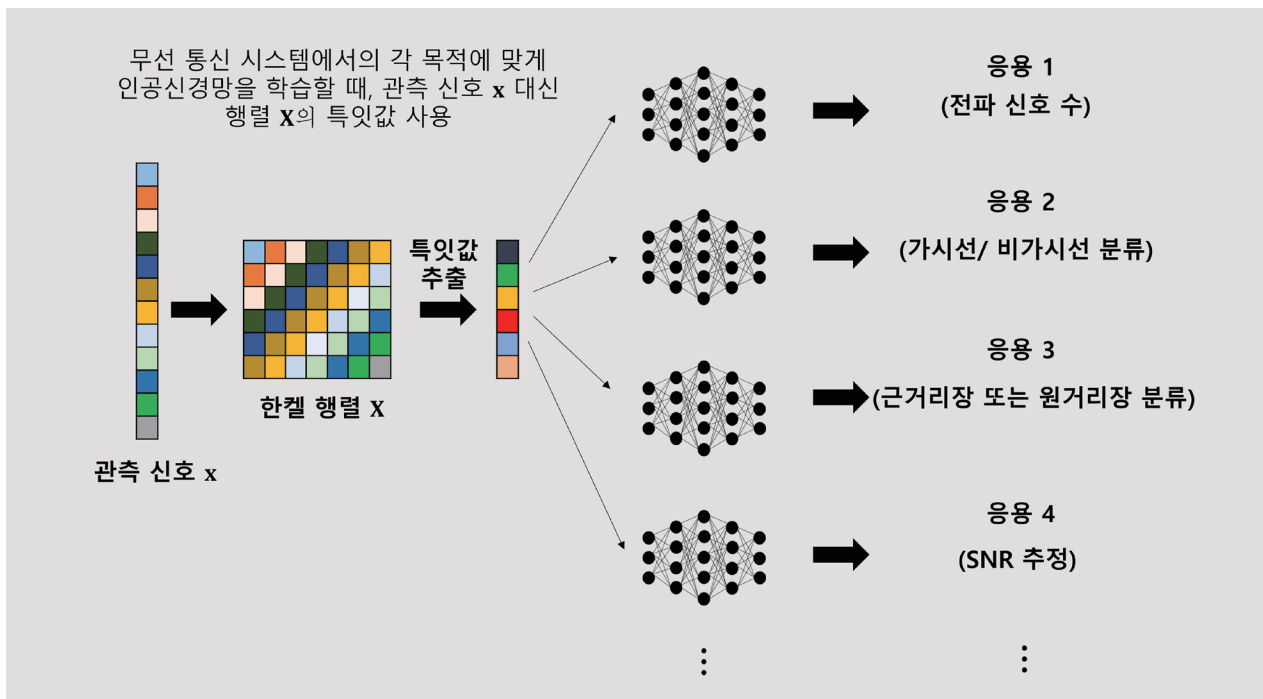
성분인 상황)이라면 이러한 수열들이 서로 다른 공비들로 인하여 선형 독립적이다. 또한, 행렬 X^* 의 모든 열과 행들은 $\beta_1, \dots, \beta_K$ 을 사용한 수열들로 선형 조합으로 표현 가능하다.

따라서, 행렬 X^* 를 이루는 모든 열과 행의 수가 전파의 중첩된 수 이상이라면 식 (6)의 잡음이 없는 상황에서 구성된 행렬 X^* 의 랭크가 관측 신호의 중첩 수와 같은 랭크 특성이 만족된다. 즉, 상기 저랭크 특성을 기반으로 행렬 X^* 의 특잇값 분해를 통해서 추출된 K 개의 특잇값들은 직교 공간상에 분포하게 된다. 하지만, 실제 관측 신호들은 식 (3)과 같이 잡음을 동반하게 되고 이러한 상황에서는 위와 같은 수학적 특성이 깨지지만 여전히 잡음이 동반된 관측 신호를 통해 구성된 X 의 특잇값들은 여전히 K 차원에서 유효한 정보를 가지고 있다라는 추론이 가능하다. 이러한 특잇값 정보의 유용성 관점에 대한 분석은 하위 섹션에 살펴해보도록 한다.

III. 특잇값 정보의 유용성

1. 특잇값 정보의 유용성

앞선 섹션에서 보았듯이 본 원고는 관측 신호 x 를 그대로 사용하기보다 관측 신호를 저랭크 특성이 만족되는 한켈 행렬 X 로부터 추출된 특잇값이 효율적이라는 것을 주장하고 있다. 따라서, 해당 분석의 타당성을 알아보기 위하여 <그림 3>과 같이 왼쪽부터 차례대로 관측 신호 x , x 를 fast Fourier transform (FFT), 행렬 X 의 특잇값들에 대한 t-distributed stochastic neighbor embedding (t-SNE)와 같은 방식을 사용하여 시각화를 진행하였다. t-SNE를 간략히 설명하면, 비선형 차원 축소 기법 중 하나로 고차원 데이터 공간에서의 각 데이터 포인트 간의 유사성을 가우시안 분포를 사용하여 계산하고, 이를 저차원 공간에서는 t-분포로 표현한다. 이 과정에서 고차원과 저차원 공간의 유사성의 차이를 KL-divergence를 최소화하는 방식으로 조정하여, 고차원 데이터를 2차원 또는 3차원과 같은 저차원 공간상에서 시각화를 가능하게 하는 기법이다^[7]. 전파 신호는 식 (2)를 기반하였으며, 신호의 중첩 수 X 는 1개에서 4개로 이산 균등 분포를 따르며 위, 아래 그림 각각 signal-to-noise ratio (SNR)은 ∞ (즉, 잡음이 없는 상황), 20dB로 설정하여 진행하였을 때 <그림 3>과 같은 t-SNE 분석



<그림 4> 특잇값 기반 인공신경망 활용 방안.

시각화 결과가 나왔다.

〈그림 3〉의 왼쪽에서부터 차례대로 각각 관측 신호 x 의, FFT 처리를 한 관측 신호 x , 행렬 X 의 특잇값 추출을 적용한 결과이며, 각 색깔은 신호 중첩 수를 의미한다. 그 결과, 행렬 X 의 특잇값 데이터들의 군집화가 가장 좋은 것을 시각적으로도 확인할 수 있다. 이러한 우수한 군집화 성능이 인공지능망 학습 성능을 높일 수 있다는 생각은 가능하다. 따라서 인공지능망을 학습 시 다음과 같은 전처리 과정을 적용함으로써 신경망 학습을 극대화할 수 있다는 사실을 전제로 아래 하위 응용 사례에 대하여 살펴보도록 하겠다.

2. 무선 통신 시스템에서의 특잇값 기반 인공지능망 활용

앞서 설명한 관측 신호의 한켠 행렬 특잇값들을 사용하여 인공지능망의 훈련 시킴으로써 무선 통신 시스템에서 직면하는 다양한 문제들을 해결해보고자 한다.

첫 번째로 기존 통신 시스템에서의 신호처리 기법인 discrete Fourier transform (DFT) 기법, 압축 센싱 기법 등과 같은 기법들은 신호의 수를 알고 있다는 가정 하에 진행되고 있기에 현실적인 우리가 살고 있는 환경에서 적용하기에는 많은 어려움이 존재한다. 이러한 현실적인 문제를 해결하기 위한 다양한 기법들이 존재하나 이들은 잡음 환경에서의 취약성 및 데이터 크기 등과 같은 여러 문제들이 존재하기에 이런 문제들은 해결하기 위한 새롭고 효율적인 전파 수 추정 기법은 필요하다고 볼 수 있다.

두 번째로, 무선 통신 시스템에서는 다양한 채널 모델들이 존재한다. 그 중에서 다중 경로 페이딩 채널이 존재하고, 대표적으로 라이시안 페이딩 채널과 레일리 페이딩이 존재한다. 해당 채널들은 각각 가시선 (line-of-sight)의 존재 유무에 따른 채널들로 알려져 왔다. 무선 통신 시스템에서의 가시선의 확보는 거리 탐지 기반의 측위, beamforming 등과 같은 통신 기술들에서 필수적이라고 볼 수 있으며, 가시선 확보를 위해서는 두 페이딩 채널의 분류를 하는 것은 필수적이다. 따라서, 본 원고에서 제안한 기법은 이러한 문제들을 해결하는 두개의 페이딩 채널 분류 문제에도 적용 가능하다고 판단된다.

세 번째로, 최근 제안된 extremely large-scale multiple-input-multiple-output (XL-MIMO)는 기존 무선 통신 시스템에서 사용된 massive MIMO보다 안테나의 수 측면에서 향상된 버전이라고 볼 수 있다. 이러한 안테나의 수의 증가로 인하여 기존에는 모두 원거리장이라고 가정하였던 문제들은 근거리장을 무시할 수 없는 수준으로 인하여 근거리장과 원거리장에 따른 다른 분석 방법은 필요하다고 볼 수 있다. 따라서, 이러한 근거리장과 원거리장의 분류는 필수적이므로, 상기 제안된 방식으로 이러한 문제 또한 해결할 수 있다고 판단된다.

마지막으로, 통신 시스템의 성능에서 SNR은 빠질 수 없는 지표이다. SNR은 통신 시스템 성능과 매우 밀접한 관련이 있는 비트 에러율과 채널 용량 등과 같은 지표들과 관련성이 크기 때문에 SNR을 추정하는 다양한 기법들이 제안 되어져 왔다. 그러나 기존 SNR 추정 기법들은 신호의 변조 타입, 복잡성, 많은 데이터의 필요성 등과 같은 한계점이 존재하므로, 이러한 SNR을 추정하는 문제 또한 본 원고에 제안한 기법으로 해결한다면 효율적인 추정 문제 해결 기법으로써 기여가 될 것으로 판단된다.

IV. 전망과 결론

본 원고에서는 희소 관측 신호를 이용하여 해당 신호를 그대로 사용하는 것이 아닌 한켠 행렬이라는 인덱스 특성과 특정한 조건으로 인하여 만족되는 저랭크 특성으로 인하여 해당 행렬의 특잇값이 유효한 정보를 내포하고 있다는 전제를 가지고 진행해왔다. 이러한 전제 아래, 기존 통신 시스템에서의 문제를 풀기 위해 사용해온 인공지능망과 다르게 저차원인 해당 특잇값 정보를 이용하여 신경망을 훈련하여 상기 수 추정, 채널 분류, SNR 추정과 같은 통신 시스템 대표 문제들을 해결할 수 있다는 주장을 했다. 본 특집에서는 이러한 주장에 대한 타당성을 검증하기 위한 다양한 결과들을 살펴보도록 하겠다. 또한, 상기 네 가지 문제 뿐 아니라 더욱더 다양한 최근 동향에 맞추어서 선행 조사 및 분석을 실시하고 표준화 분석을 통하여 실제 환경에서 적용하는 파라미터들과 연관을 지음으로써 제안 기법의 견고함을 구축하는 것 또한 필요할 것

으로 판단된다.

참고 문헌

- [1] Z. Sheng, H. Wang, C. Yin, X. Hu, S. Yang, and V. C. Leung, "Lightweight management of resource-constrained sensor devices in internet of things," IEEE internet of things journal, vol. 2, no. 5, pp. 402–411, 2015.
- [2] A. Sehgal, V. Perelman, S. Kuryla, and J. Schonwalder, "Management of resource constrained devices in the internet of things," IEEE Communications Magazine, vol. 50, no. 12, pp. 144–149, 2012.
- [3] U. Challita, H. Ryden, and H. Tullberg, "When machine learning meets wireless cellular networks: Deployment, challenges, and applications," IEEE Communications Magazine, vol. 58, no. 6, pp. 12–18, 2020.
- [4] M. Chen, U. Challita, W. Saad, C. Yin, and M. Debbah, "Artificial neural networks-based machine learning for wireless networks: A tutorial," IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 21, no. 4, pp. 3039–3071, 2019.
- [5] A. Azari, M. Ozger, and C. Cavdar, "Risk-aware resource allocation for URLLC: Challenges and strategies with machine learning," IEEE Communications Magazine, vol. 57, no. 3, pp. 42–48, 2019.
- [6] R. W. Heath, N. Gonzalez-Prelcic, S. Rangan, W. Roh, and A. M. Sayeed, "An overview of signal processing techniques for millimeter wave MIMO systems," IEEE journal of selected topics in signal processing, vol. 10, no. 3, pp. 436–453, 2016.
- [7] L. Van der Maaten and G. Hinton, "Visualizing data using t-SNE," Journal of machine learning research, vol. 9, no. 11, 2008.



김정환

- 2018년 3월 ~ 2024년 2월 고려대학교 (세종) 전자·기계융합공학과 공학사
- 2024년 3월 ~ 현재 동국대학교 전자전기공학과 석사과정 재학

〈관심 분야〉

Signal Processing, Deep Learning, Wireless Communication



이웅희

- 2005년 3월 ~ 2009년 8월 한국과학기술원 (KAIST) 전기 및 전자 공학부 공학사
- 2009년 9월 ~ 2017년 2월 서울대학교 전기·정보공학부 공학박사
- 2017년 2월 ~ 2019년 2월 LG전자 CTO부문 선임연구원
- 2019년 2월 ~ 2020년 2월 KTH Royal Institute of Technology, Radio Systems Lab, 박사후연구원
- 2020년 2월 ~ 2021년 2월 Ericsson Research Experienced Researcher
- 2021년 3월 ~ 2024년 2월 고려대학교 (세종) 전자·기계융합공학과 조교수
- 2024년 3월 ~ 현재 동국대학교 전자전기공학부 조교수

〈관심 분야〉

Wireless Communication, Signal Processing, Wireless Localization, Game Theory, Neural network

XL-MIMO 시스템에서 채널 한켤화를 통한 근거리장 및 원거리장 분류기 설계

I. 서론



김 동 환
고려대학교 (세종)



김 정 환
동국대학교



이 웅 회
동국대학교

5G 통신에서 massive multiple-input-multiple output (MIMO)는 가장 핵심적인 기술 중 하나이다^[1]. 기지국에서 많은 안테나 배열을 가진 massive MIMO는 빔포밍 또는 멀티플렉싱을 통해서 스펙트럼 효율성을 향상시킬 수 있는 기술이다^[2]. 향후 6G 통신에서는 안테나의 수를 비교해보았을 때 massive MIMO의 향상된 기술인 extremely large scale MIMO (XL-MIMO)가 주목받고 있으며 이는 스펙트럼 효율성, 에너지 효율성, 그리고 신뢰가능한 다중 접속을 제공하는 핵심 기술이다^[3]. 이때 안테나 수의 증가는 전자기장의 근본적인 변화를 요구하게 된다. 일반적으로 전자기장은 레일리 거리를 기준으로 근거리장 (near-field)과 원거리장 (far-field)으로 분류되며 두 영역은 다른 채널 모델을 가지게 된다^[4]. 좀 더 구체적으로 설명하자면, <그림 1>과 같이 근거리장은 기지국과 유저 사이의 거리가 레일리 거리보다 짧은 영역을 의미하며 XL-MIMO에서는 구형파라는 가정으로 조향벡터는 각도, 거리와 관련되어 있다. 반대로, 원거리장은 기지국과 유저 사이의 거리가 레일리 거리보다 먼 영역을 의미하며 평면파라는 가정하에 있기에 조향벡터는 오직 각도와 관련되어 있다. 여기에서 말하는 조향벡터란, 안테나 배열에서 특정 방향으로 신호를 송신/수신할 때 각각의 안테나가 어떻게 신호를 조정해야하는 지를 나타내는 벡터를 의미한다.

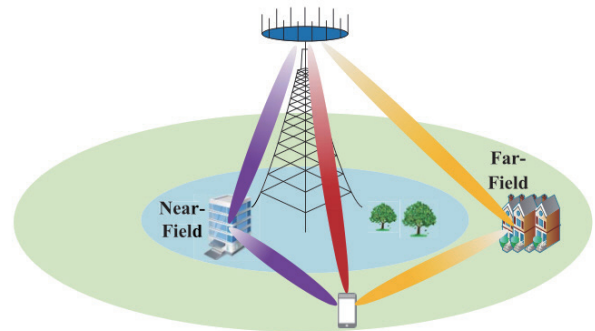
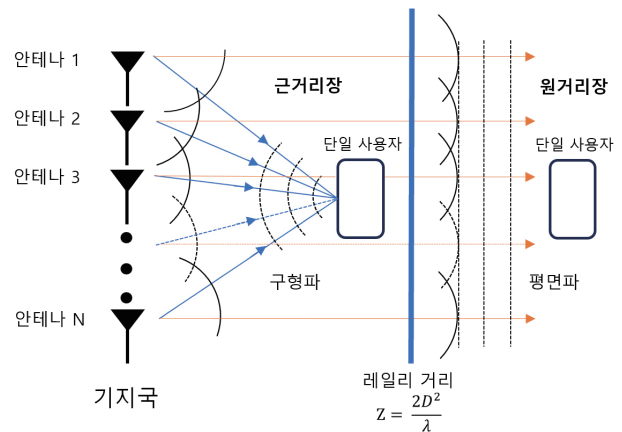
기존의 massive MIMO 시스템은 안테나의 수가 상대적으로 적기에 레일리 거리는 겨우 몇 미터밖에 되지않아 근거리장은 무시할 수 있었다. 따라서 기존 통신에 관한 연구는 주로 원거리장 통신 이론 및 기술

<표 1> 시스템 환경구성

참고 논문	목적	설명
[2], [4]	채널 추정	채널의 희소성으로 인해 압축 센싱과 같은 기법이 채널 추정 문제에 사용된다. 대부분의 기술은 수신 신호와 기저의 선형 상관 관계를 채택하기에 근거리장도 고려하는 상황에서는 복잡해진다. 따라서 채널 추정을 위해서는 현재 채널이 근거리장인지 원거리장인지 판별하는 기술이 필수적이다.
[7], [8]	하이브리드 빔포밍	근거리장 채널은 수신기가 형성하는 각도뿐만 아니라 거리도 어레이 응답에 반영되는 특징을 가진다. 반대로, 이는 고성능 채널 추정이 특정 방향으로 빔을 방사하는 대신 특정 지점에 집중시키는 데 도움이 될 수 있음을 의미한다. 이러한 특성을 바탕으로 기존 빔포밍의 진화된 버전인 빔 포커싱이라는 기술이 광범위하게 개발되고 있기에 근거리 및 원거리 채널의 구분이 이러한 채널 용량 증가 기술에 도움이 될 수 있다.
[9], [10]	정밀 측위	위의 설명과 유사하게 근거리장 채널을 고려한다면 정밀 위치 측정에서도 유사한 특성이 나타난다. 근거리장 채널에 대한 세밀한 분석은 기존 거리 기반 또는 각도 기반 무선 측위기술에 새로운 방향을 제공할 것으로 기대되며, 근거리장 및 원거리장 채널 간의 분류는 위치 파악 성능개선에 크게 기여할 수 있다.

에 집중되어 발전해왔지만, 안테나 수가 증가하게 되고, 일반적인 5G 셀 반경 내 레일리 거리가 증가했기 때문에 향후 미래에는 근거리 통신이 필수적이다^[5]. 그 결과, 신호를 특정 각도로 조정하는 기존 원거리 빔 스티어링이 아닌, XL-MIMO 시스템에서 근거리 빔 포커싱을 실현하기 위해 구형파를 활용해야 한다^[6]. 또한, 어레이 응답에서 선형 함수적 위상을 기반으로하는 기존 빔포밍의 고급 버전인 근거리 빔 포커싱 기법^[7]에 잠재력이 있음이 밝혀졌다. 현재 massive MIMO 시스템 채널 추정에서 높은 파일럿 오버헤드를 완화하기 위해 각도 도메인의 채널 희소성을 활용한 일부 압축 센싱 기반 알고리즘이 낮은 파일럿 오버헤드로 고차원인 채널을 추정하기 위해 연구되었다. 그러나 massive MIMO에서 XL-MIMO로의 변화는 전자기장의 근본적인 변화로 이어지기에 이 채널 희소성은 XL-MIMO에서 달성할 수 없을 것이다^[2].

<표 1>과 같이 기존 근거리장과 원거리장 채널에 대한 연구는 무선 통신에서 크게 세 가지 범주(채널 추정, 하이브리드 빔포밍, 그리고 정밀 측위)와 두 채널을 동시에 다룬 일부 기술적 사항에 초점을 맞추어왔다. 예를 들어[4]에서는 <그림 1>과 같이 XL-MIMO에서 하이브리드 영역 통신을 고려하며 하나의 기지국이 원거리장 유저와 근거리장 유저와 통신하고 있는 상황을 고려한다. 이때 하이브리드 영역에서의 채널은 원거리장/근거리장 채널이 합쳐진 채널을 의미하며 이를 추정하는 연구가 진행되었다. 무선 통신 시스템에서 이러한 연구 방향은 XL-MIMO 시스템에서 근거리 채널과 원거리 채널을 분류하는 것이 중요하다는 것을 보여주기에 본 특집기사에서는


<그림 1> XL-MIMO에서 하이브리드 영역 통신^[4].


<그림 2> 근거리장/원거리장 채널

채널 한켠화를 통한 근거리장 및 원거리장 분류 기술에 대해 소개하고자 한다. 흔히 인공지능망을 이용하여 두 영역을 구분하고자 하면, 원 채널을 그대로 사용하거나 fast Fourier transform (FFT)을 이용하여 인공지능망을 학습시킬 수 있을 것이다. 하지만 소개하고자하는 기법은 신호 벡터를 한켠화 하였을 때 얻을 수 있는 특잇값

을 기반으로 진행하며 신경망의 입력으로 특잇값을 사용하고 출력은 원-핫 인코딩 벡터로 설정하여 두 영역을 구분하는 것이다.

II. 채널 모델

서론에서 살펴보았듯이 전자기파의 방사장은 레일리 거리를 기준으로 근거리장과 원거리장으로 나뉘며 각 영역에 따라 다른 채널 모델을 가지게 된다. 근거리장의 조향벡터는 각도 그리고 거리와 관련되어 있으며 원거리장의 조향벡터는 오직 각도와 관련되어 있다. 따라서 다음으로는 두 채널 모델을 자세히 살펴보도록 한다.

1. 근거리장 (Near-field) 채널 모델

$$\mathbf{h}_{\text{near-field}} = \sqrt{\frac{N}{L}} \sum_{l=1}^L \alpha_l \mathbf{a}(\theta_l, n). \quad (1)$$

위 식에서 L 은 path component의 수, N 은 기지국 안테나의 수, α_l 은 path gain, 그리고 $\theta_l = 2d \cos(\phi_l)/\lambda$

로 ϕ_l 은 물리적 각도를 의미한다. 마지막으로 $\mathbf{a}(\theta_l, n)$ 은 근거리장에서 조향 벡터로 다음과 같다.

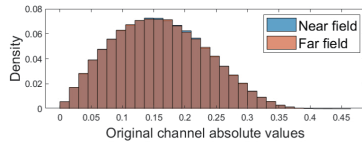
$$\mathbf{a}(\theta_l, n) = [e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(\theta_l^1 \cdot n)}, \dots, e^{-j\frac{2\pi}{\lambda}(\theta_l^N \cdot n)}]^H, \quad (2)$$

이때 안테나의 간격 d 은 파장의 절반으로 가정하며 n 은 l 번째 신호원과 안테나 배열의 중심까지의 거리를 나타내며 안테나 중심에서 배열에 놓여있는 n 번째 안테나까지의 거리 $\delta_n = (2n - N - 1)/2$ 로 l 번째 신호원으로부터 n 번째 안테나까지의 거리는 $r_l^n = \sqrt{r_l^2 + d^2 \delta_n^2 - 2r_l d \delta_n \theta_l}$ 이다. 위에서 볼 수 있듯이 조향벡터는 각도 그리고 거리와 관련되어 있는 것을 알 수 있다.

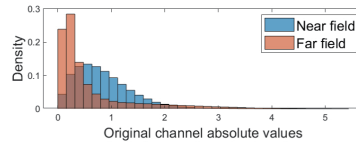
2. 원거리장 (Far-field) 채널 모델

$$\mathbf{h}_{\text{far-field}} = \sqrt{\frac{N}{L}} \sum_{l=1}^L \beta_l \mathbf{b}(\theta_l). \quad (3)$$

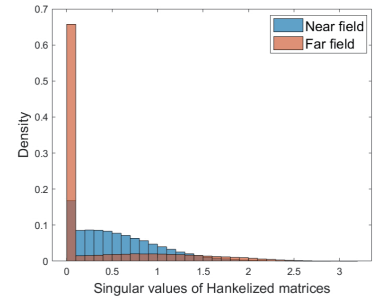
위 식에서 β_l 은 l 번째 path gain, 그리고 $\mathbf{b}(\theta_l)$ 은 원거리장에서의 조향 벡터로 다음과 같다.



(a) Original channel.

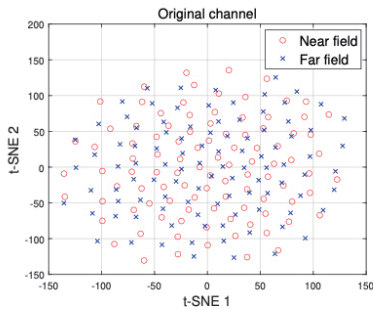


(b) FFT processed channel.

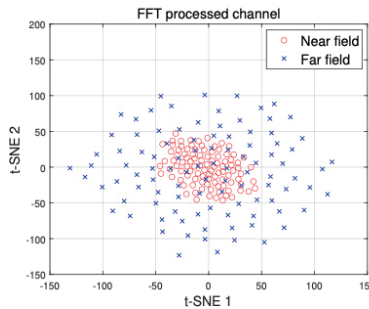


(c) Singular values of Hankelized matrices.

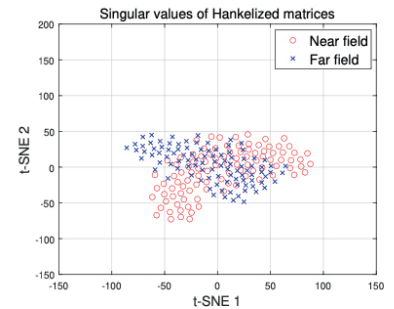
〈그림 3〉 근거리장 및 원거리장 채널에 대한 데이터 히스토그램 ^[11].



(a) Original channel.



(b) FFT processed channel.



(c) Singular values of Hankelized matrices.

〈그림 4〉 근거리장 및 원거리장 채널에 대한 t-SNE 분포 시각화 ^[11].

$$\mathbf{b}(q_i) = \sqrt{\frac{1}{N}} [1, e^{-i\pi\theta_i}, \dots, e^{-i(N-1)\pi\theta_i}]^H, \quad (4)$$

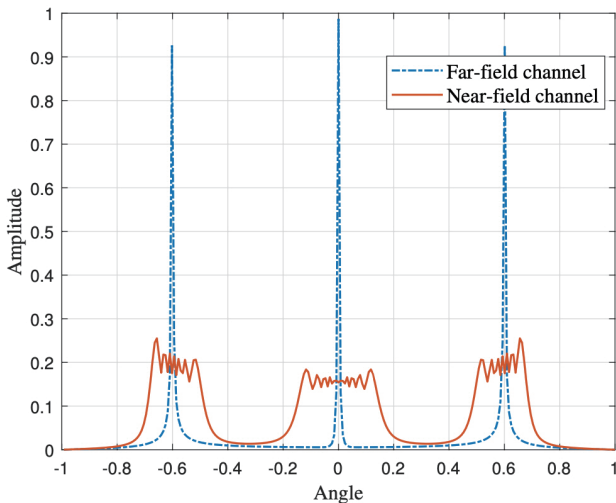
이때 $\theta_i = 2d \cos(\phi_i)/\lambda$ 이며 d 와 ϕ_i 은 원거리장에서 정의한 것과 동일하며 조향벡터는 오직 각도와만 관련되어있는 것을 알 수 있다.

III. 채널 한켈화를 통한 신경망 기반 근거리장 및 원거리장 분류기

한켈화란 어떠한 벡터를 일정한 패턴을 가진 한켈 행렬로 변환하는 것을 의미한다. 그렇다면 부분적으로 추정된 채널 $\mathbf{h}_p$ 를 한켈 행렬 $\mathbf{H}$ 로 변환하는 것은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\mathbf{H}[i, j] = h_p[i + j]. \quad (5)$$

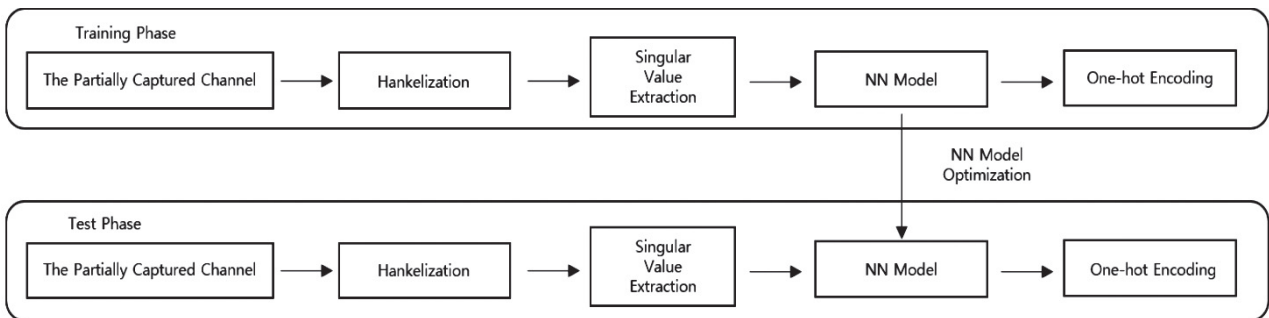
만약에 원거리장에서의 이상적인 채널, 즉 노이즈가 없



〈그림 5〉 각도 도메인에서 원거리장과 근거리장에 대한 비교 [2].

다면 한켈 행렬 $\mathbf{H}$ 의 랭크는 경로의 수 L 과 같은 특성을 가진다. 이는 랭크의 정의에 따라 행벡터의 독립성을 살펴보면 간단하게 알 수 있다. 하지만 근거리장에서의 채널은 각도 도메인에서 비선형적이기에 위와 같은 특성을 만족하지 않는다. 따라서 두 채널을 한켈 행렬로 변환하였을 때 나타나는 특잇값의 분포가 달라지기에 더욱 효과적으로 신경망 잠재 공간을 구성할 수 있을 것으로 추론할 수 있다.

좀 더 구체적으로 위에서 언급한 추론을 바탕으로, 한켈 행렬의 특잇값의 유용성을 〈그림 3〉은 〈그림 4〉에서와 같이 확인할 수 있다. 신경망이 입력과 출력의 분포를 학습하는 데에 바탕하여, 〈그림 3〉은 각 입력 데이터의 분포를 보여준다. 신경망을 학습시킬 때 흔히 생각할 수 있는 방식은 원 채널 데이터를 그대로 입력으로 사용하는 경우가 대부분이고 이는 Original channel로 거의 두 영역의 분포가 차이하지 않는 것을 볼 수 있다. 또한 두 채널의 선형성 차이로 인해 주파수 도메인에서 차이가 발생하기에 FFT를 취한 후 그 크기를 신경망 입력으로 사용할 수도 있을 것이다. 좀 더 자세히 살펴보자면 [2]에서 저자들은 〈그림 5〉와 같이 원거리장과 근거리장의 각도 도메인에서 차이를 보여준다. 원거리장은 특정 각도에 대해 크기가 명확한 것을 볼 수 있지만 근거리장은 앞서 말했듯이 조향 벡터가 각도 및 거리와 관련되어 있기에 그렇지 않은 것을 볼 수 있다. 마지막으로 한켈 행렬의 특잇값의 분포를 확인해보면 앞서 언급한 입력 데이터에 비해서 분포의 차이가 명확한 것을 확인할 수 있다. 따라서 한켈 행렬의 특잇값을 사용한다면 신경망 학습이 효율적으로 이루어질 것을 예상할 수 있다. 〈그림



〈그림 6〉 한켈 행렬의 특잇값을 활용한 신경망 훈련 및 테스트 과정 블록 다이어그램 [11].

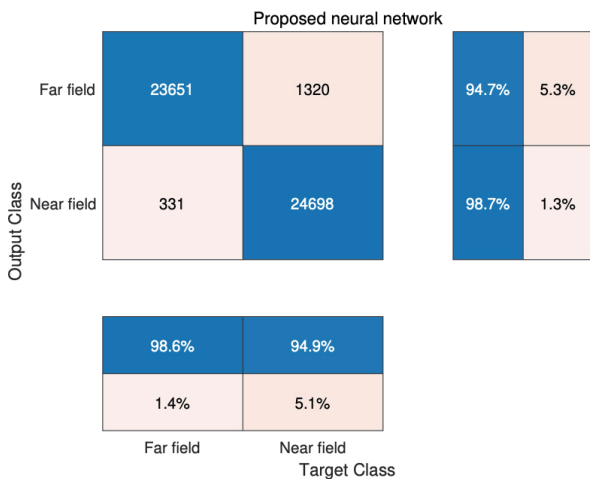
4)는 t-distributed stochastic neighbor embedding (t-SNE)을 이용하여 데이터의 분포를 저차원에서 시각화한 모습이다. 이는 저차원 공간에서 두 채널의 데이터가 어떻게 모델링되는 지 시각화해줌으로써 분류 문제에 많이 사용되는 기법이다. 그림에서 볼 수 있듯이 이 또한 한켈 행렬의 특잇값이 두 영역을 잘 구분짓는 것을 알 수 있다.

이러한 특성을 바탕으로 신경망의 입력을 한켈 행렬의 특잇값으로 사용하고 출력은 원-핫 인코딩 벡터로 설정하여 신경망을 학습시키면 더 좋은 결과가 나올 것을 예상할 수 있다. 이때 원-핫 인코딩 벡터의 이진 분류 예시로는 원거리장이면[1, 0]으로 설정하고 근거리장이라면

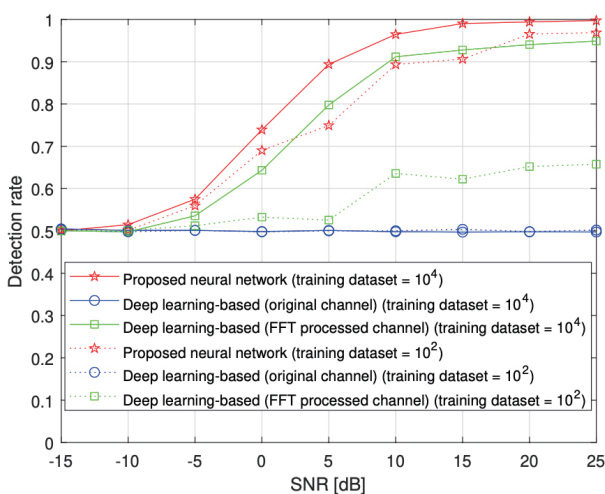
[0, 1]로 설정하는 것이다. 이에 대한 자세한 과정은 <그림 5>를 통해 쉽게 이해할 수 있을 것이며 테스트 과정에서는 원-핫 인코딩 벡터 중 해당 영역에 해당하는 인덱스 값이 가장 높은 것을 택하여 두 영역을 판단하도록 한다.

다음으로는 한켈 행렬의 특잇값을 이용한 원거리장 및 근거리장 분류에 대한 시뮬레이션 결과에 대해서 설명하고자한다. 위에서 언급하였듯이 비교군으로는 1) original channel, 2) FFT-processed channel을 사용하며 자세한 파라미터는[10]에 나와있다. <그림 6>은 근거리장과 원거리장 분류에 대한 정확도를 보여주며 혼동 행렬을 통해 나타내고 있다. 이때 혼동 행렬의 열은 실제 영역에 대해서 예측이 맞은 비율을 보여주고 있으며 행은 예측한 영역에 대해서 실제 정답인 비율을 보여주고 있다. 이를 통해 한켈 행렬의 특잇값을 이용한 학습이 최소 94%이상의 성능을 가지는 것을 알 수 있다.

<그림 8>은 각 비교군과 한켈 행렬의 특잇값을 이용한 학습 기법에 대해 signal-to-noise ratio (SNR) 별로 성능을 보여주고 있다. 앞서 데이터의 분포와 t-SNE를 파악할 것을 기반으로 FFT processed channel의 성능이 original channel보다는 높은 것을 알 수 있으며 한켈 행렬의 특잇값을 이용한 학습은 모든 SNR 구간에서 우수한 성능을 가진다. 이는 혼련데이터셋이 100개여도 동일한 양상을 보이며 해당 기법이 두 영역을 구분하는데 효과적인 것을 알 수 있다.



<그림 7> 근거리장/원거리장 분류 성능^[11].



<그림 8> SNR에 따른 근거리장/원거리장 분류 성능^[11].

IV. 전망과 결론

기존 통신 시스템과 비교하여, 6G 통신은 높은 데이터 전송률, 낮은 지연율, 그리고 높은 에너지 효율성을 요구한다. 이러한 요구를 충족하기 위해서 XL-MIMO 시스템이 6G 통신의 유망한 기술로 주목받고 있다. 이는 안테나의 수가 많아지는 것 뿐만 아니라 전자기장의 근본적인 변화로도 이어지며 레일리 거리가 증가함에 따라 근거리장의 고려로 이어진다. 기존 통신 연구에서 원거리장에서 연구와 달리, 근거리장과 원거리장 채널의 가장 큰 차이는 위상의 선형성으로, 이는 근거리장 채널의 채널 추정, 빔 포커싱, 그리고 정밀 측위와 같은 연구로도 이어졌



다. 위에서 언급한 연구들에 앞서, 두 영역을 미리 구분한다면 더욱 도움이 될 수 있을 것으로 예상하기에 두 영역을 구분하는 기법에 대해서 본 특집기에서 소개하고자 한다. 이는 채널을 한켠화하였을 때의 특잇값이 신경망 학습에 있어서 더욱 효과적으로 잠재 공간을 구성할 수 있을 것이라는 추론에 바탕한다. 간단하게, 각 영역에 대응하는 원-핫 인코딩 벡터를 만들고 이를 신경망의 출력으로, 특잇값을 입력으로 사용하여 학습하는 방법이다. 결과적으로, 시뮬레이션 결과를 제공함으로써 위 방법의 성능이 다른 기법과 비교하여 매우 높은 것을 확인할 수 있다. 따라서 소개한 방법은 채널 추정, 하이브리드 빔포밍, 그리고 정밀 측위와 같은 대표적인 기술들의 전처리 기로서 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] T. S. Rappaport, S. Sun, R. Mayzus, H. Zhao, Y. Azar, K. Wang, G. N. Wong, J. K. Schulz, M. Samimi, and F. Gutierrez, "Millimeter wave mobile communications for 5G cellular: It will work!" IEEE Access, vol. 1, pp. 335–349, 2013.
- [2] M. Cui and L. Dai, "Channel estimation for extremely large-scale MIMO: Far-field or near-field?" IEEE Transactions on Communications, vol. 70, no. 4, pp. 2663–2677, 2022.
- [3] S. Hu, F. Rusek, and O. Edfors, "Beyond massive MIMO: The potential of data transmission with large intelligent surfaces," IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 66, no. 10, pp. 2746–2758, 2018.
- [4] X. Wei and L. Dai, "Channel estimation for extremely large-scale mas- sive MIMO: Far-field, near-field, or hybrid-field?" IEEE Communications Letters, vol. 26, no. 1, pp. 177–181, 2021.
- [5] M. Cui, Z. Wu, Y. Lu, X. Wei, and L. Dai, "Near-field MIMO communica- tions for 6G: Fundamentals, challenges, potentials, and future directions," IEEE Communications Magazine, vol. 61, no. 1, pp. 40–46, 2022.
- [6] D. Headland, Y. Monnai, D. Abbott, C. Fumeaux, and W. Withayachum- nankul, "Tutorial: Terahertz beamforming, from concepts to realizations," Apl Photonics, vol. 3, no. 5, 2018.
- [7] H. Zhang, N. Shlezinger, F. Guidi, D. Dardari, and Y. C. Eldar, "6G wireless communications: From far-field beam steering to near-field beam focusing," IEEE Communications Magazine, 2023.
- [8] H. Zhang, N. Shlezinger, F. Guidi, D. Dardari, M. F. Imani, and Y. C. Eldar, "Beam focusing for near-field multiuser MIMO communications," IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 21, no. 9, pp. 7476–7490, 2022.
- [9] Y. Wang and K. Ho, "Unified near-field and far-field localization for AOA and hybrid AOA-TDOA positionings," IEEE Transactions on Wireless Communications, vol. 17, no. 2, pp. 1242–1254, 2017.
- [10] J. Liang and D. Liu, "Passive localization of mixed near-field and far-field sources using two-stage MUSIC algorithm," IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 58, no. 1, pp. 108–120, 2009.
- [11] KIM, Jung-Hwan, et al. An NN-Aided Near-and-Far-Field Classifier via Channel Hankelization in XL-MIMO Systems. IEEE Access, 2024.



김동환

• 2019년 3월 ~ 현재 고려대학교 (세종) 전자 · 기계융합공학과 재학

〈관심 분야〉

Deep Learning, Signal Processing



김정환

- 2018년 3월 ~ 2024년 2월 고려대학교 (세종) 전자 · 기계융합공학과 공학사
- 2024년 3월 ~ 현재 동국대학교 전자전기공학과 석사과정 재학

〈관심 분야〉

Signal Processing, Deep Learning, Wireless Communication



이웅희

- 2005년 3월 ~ 2009년 8월 한국과학기술원 (KAIST) 전기 및 전자 공학부 공학사
- 2009년 9월 ~ 2017년 2월 서울대학교 전기 · 정보공학부 공학박사
- 2017년 2월 ~ 2019년 2월 LG전자 CTO부문 선임연구원
- 2019년 2월 ~ 2020년 2월 KTH Royal Institute of Technology, Radio Systems Lab, 박사후연구원
- 2020년 2월 ~ 2021년 2월 Ericsson Research Experienced Researcher
- 2021년 3월 ~ 2024년 2월 고려대학교 (세종) 전자 · 기계융합공학과 조교수
- 2024년 3월 ~ 현재 동국대학교 전자전기공학부 조교수

〈관심 분야〉

Wireless Communication, Signal Processing, Wireless Localization, Game Theory, Neural network

희소 관측을 통한 신호 수 검출을 위한 인공지능망 설계 연구

I. 서론

일반적으로, 전파는 중첩된 복소 함수 형태로 표현된다. 또한, 아날로그 및 디지털 신호처리의 기초는 연속 시간 신호를 이산 시간 신호로 변환하는 샘플링에서 기반을 둔다. 샘플링은 시간 또는 공간 영역에서 이루어질 수 있으며, 이에 따라서 주파수 및 파장 정보를 분석할 수 있다. 이러한 분석은 discrete Fourier transform (DFT) 기법을 통하여 분석을 많이 해왔으나^[1], 무선 통신의 다중 경로 채널이나 자동차 레이더 시스템 등에서의 반사, 간섭 신호 등과 같은 환경이 다중 신호 간 직교성을 보장할 수 없는 경우에는 분석이 복잡해지는 한계가 존재한다.

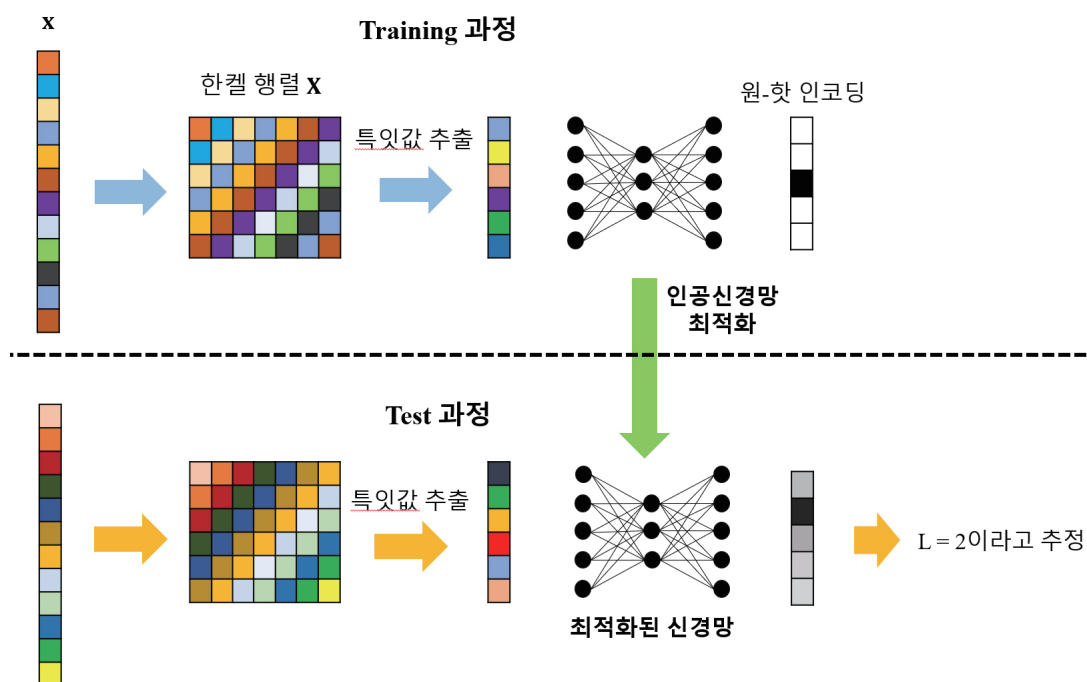
이러한 문제를 해결하기 위하여 고성능의 매개 변수 추정을 위한 다양한 신호처리 연구는 진행되어져왔다. 대표적으로 초해상도 추정 알고리즘 으로는 multiple signal classification (MUSIC)^{[2]-[4]}, estimation of signal parameters via rational invariance techniques (ESPRIT)^{[5]-[7]} 등과 같은 기법들이 존재한다. 이런 기법들은 행렬 연산 또는 다항식 변환을 통하여 매개변수를 추정하며, 전통적인 DFT 기법보다 뛰어난 해상도를 보여준다.

또한, 최근에는 효율적인 자원 데이터 수집 관점에서 compressive sensing (CS) 알고리즘 연구도 활발히 연구가 되어져왔다^{[8],[9]}. CS는 기존의 널리 알려진 Nyquist-Shannon sampling theorem을 넘어서는 매우 적은 관측만을 사용하여 문제를 해결하는 새로운 관점을 제시한 기법으로써^[10], K-sparse vector를 희소 관측 하에서 재구성하는 기법으로써, 자원이 한정된 대규모 시스템 (예를 들어서, internet of things (IOT) 기반 네트워크)에서 자원을 효율적으로 활용할 수 있는 기술로 주목을 받고 있다^[11].

상기 알고리즘들을 구현하기 위해서는 신호의 수는 중요한 매개변수



신 경 섭
상명대학교



〈그림 1〉 본 원고 제안 기법의 프레임워크.

이다. 대부분의 많은 경우에서 신호의 수를 알고 있다는 가정하에 실험을 진행하지만, 이는 현실적인 동적인 환경과는 다소 거리가 있다고 볼 수 있다. 이런 문제를 해결하기 위해 최근에는 geometric sequence decomposition with k-simplexes transform (GSD-ST) 기법이 제안되었지만^[12], 이는 잡음에 취약하다는 단점이 존재한다. 이에 따라서 효율적으로 신호의 수를 검출할 수 있는 알고리즘 설계의 필요성이 대두가 되어져 왔다^[13].

기존 알고리즘들의 많은 데이터의 요구, 잡음에 취약성 등과 같은 문제를 극복하기 위한 새로운 기법은 필수적이며, 인공지능망을 활용한 기법들이 주요 기술로써 떠오르고 있는 상황에서 본 원고는 인공지능망의 학습성을 증가 시킴과 동시에 최소한의 희소 관측 데이터만으로도 신호의 수를 추정하는 기법에 대하여 소개하고자 한다.

II. 제안 기법 소개

1. 신호 모델 및 문제 설정

먼저 $L \in \{1, \dots, L_{\max}\}$ 인 전파의 수를 고려한다. 이때 l 번

째 전파인 $s_l(t)$ 는 연속 시간 신호로써 아래와 같이 표현이 될 수 있다.

$$s_l(t) = A_l e^{i2\pi f_l t}. \quad (1)$$

식 (1)에서 A_l , f_l 은 각각 $s_l(t)$ 의 복소 이득과 주파수를 의미한다. 또한, 만약 $l \neq l'$ 이라면 $f_l \neq f_{l'}$ 이다. 여기서, 샘플링 구간 Δt 를 Nyquist theorem을 만족하게 하면 (즉, $1/\Delta t > \max\{f_1, \dots, f_L\}$), 아래와 같은 샘플링이 된 신호 $\mathbf{x} \in \mathbb{C}^P$ 을 아래와 같이 정의할 수 있다.

$$\mathbf{x} = \left\{ \sum_{l=1}^L A_l e^{i2\pi f_l p \Delta t} + \mathbf{w}[p] \right\}_{p=1}^P = \left(\sum_{l=1}^L \mathbf{x}_l + \mathbf{w} \right), \quad (2)$$

$\mathbf{x}_l$, $\mathbf{w}$ 는 각각 l 번째 샘플링된 신호와 additive white Gaussian noise (AWGN)을 의미한다. 본 원고에서는 희소 관측 데이터를 기반으로 두기 때문에 신호 $\mathbf{x}$ 의 길이가 작다고 가정을 한다. 마지막으로, $\mathbf{x}$ 가 주어졌을 때, 본 원고는 신호의 수 L 의 검출률을 극대화 할 수 있는 신경망을 설계로 하는 것을 목표로 한다.

2. 한켈화 및 저랭크 특성

본 원고의 목적은 적은 길이의 P (신호 길이)와 적은 양의 훈련 데이터를 이용하여서 중첩된 신호의 수 L 을 추정하는 것이다. 이것을 달성하기 위하여, 인공신경망의 입력 데이터를 가공하는 전처리 과정을 진행하고자 한다. 먼저 잡음 환경에서 관측된 식 (2)로 표현된 샘플링된 1차원 벡터 형태의 신호 $\mathbf{x}$ 를 한켈 행렬로 변환을 본 원고에서는 한켈화라고 명칭하며, 다음과 같은 인덱싱 특성이 있는 식의 형태로 표현 가능하다.

$$\mathbf{X}[n, m] = \mathbf{x}[n + m - 1] \quad \forall n, m \in \{1, 2, \dots\}. \quad (3)$$

식 (3)의 $\mathbf{X} \in \mathbb{C}^{P_T \times P_T'}$ 이며, P_T, P_T' 는 각각 행렬의 행과 열 크기를 의미하며, 행렬의 P_T' 개의 열 벡터들은 P_T 개의 요소 값들이 인덱스가 시프트 되는 형태로 이루어져 있다. 또한, 한켈 행렬 $\mathbf{X}$ 의 차원은 다양하게 구성되어 지나, 우리는 특잇값 수의 극대화를 위하여 최대한 정방 행렬과 가깝게 행렬을 구성하려고 하며, 자세한 수학적인 범위에 대한 설명은 생략하도록 하겠다.

다음으로 이렇게 한켈 행렬로 변환을 실시한 후, 이 변환된 행렬의 랭크 특성에 대해서 살펴보고자 한다. 만약 식 (2)의 $\mathbf{w}[l] = 0$ 이라면 (즉, 이상적인 잡음이 없는 상황), 이 상황에서의 샘플링된 신호로 구성된 한켈 행렬 $\mathbf{X}^*$ 은 다음 아래와 같은 랭크 특성이 있다.

$$\text{rank}\left(\lim_{\text{SNR} \rightarrow \infty} \mathbf{X}\right) = \text{rank}(\mathbf{X}^*) = L. \quad (4)$$

식 (4)가 보여주듯이 잡음이 없는 샘플링 신호로 구성된 한켈 행렬의 랭크는 샘플링 신호의 중첩된 신호의 수와 같은 저랭크 특성이 있다. 또한, 랭크 L 과 이 $\mathbf{X}^*$ 의 0이 아닌 특잇값의 수와 일치하는 특성이 존재한다. 이러한 저랭크 특성에 대한 증명은 서로 다른 행과 열의 관계를 통해서 증명되어질 수 있으나, 본 특집기에서는 자세한 수학적인 설명에 대해서는 생략하도록 하겠으며, 해당 내용은 [14]를 참고하면 되겠다.

잡음이 존재할 때 (즉, $\mathbf{w}[l] \neq 0$)는 식 (4)와 같은 저랭크 특성이 만족 되지않는다. 하지만, 특잇값 분해를 통하여 나오는 모든 특이 벡터들은 수학적으로 직교성을 띄며 여전히 이러한 공간에서 특잇값들은 유효한 정보

를 띄게 된다. 또한, 특잇값들은 실수이기 때문에 인공신경망 훈련 시 용이하며, 특잇값들은 이러한 전처리 과정을 하지 않은 데이터들에 비해 차원이 낮기 때문에 매우 큰 규모의 데이터를 요구하는 현대의 무선 통신 시스템에서 유용할 것으로 판단되므로 다음과 같은 특잇값 데이터를 이용하여 <그림 1>과 같이 특잇값 데이터와 원-핫 인코딩 과정을 이용하여 훈련 과정에서 인공신경망을 훈련 시켜서 최적화를 시킨다. 여기서 원-핫 인코딩에 대해서 간단하게 설명하자면, 범주형 데이터를 처리하는 방법으로써 각 범주는 벡터에서 하나의 '1'과 나머지 요소는 '0'으로 구성하여 표현한다. 예를 들어서, $L_{\max}$ 가 3이라면 L 이 2일 때는 원-핫 인코딩 벡터는 $[0, 1, 0]$ 으로 구성될 수 있다는 의미이다. 이러한 과정을 거쳐서 최적화된 신경망을 통하여 테스트 과정에서 중첩된 신호의 수 L 을 검출하는 과정으로 하위 시뮬레이션을 진행하였다.

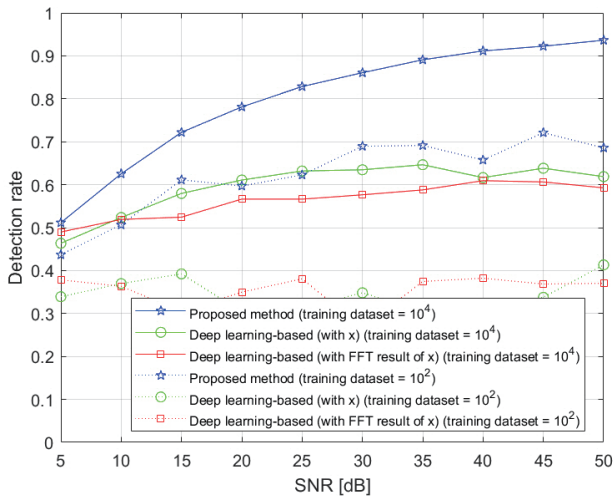
III. 시뮬레이션 결과

앞선 섹션에서 설명한 인공신경망 구성을 통하여 시뮬레이션을 진행하였으며, 식 (2)에 해당하는 신호 모델 관련 파라미터는 <표 1>과 같다.

또한, 기본적인 인공신경망의 구성은 신경망의 width는 12, depth는 2로 설정하였으며, 신경망의 손실 함수는 mean squared error (MSE)를 사용하였으며, 테스트 데이터 셋의 크기는 5×10^4 로 설정하였다. 또한, 제안 기법의 비교군으로써 Deep learning-based라는 각주를 첨부한 기법을 사용하였는데, 이 기법을 간략하게 설명하자면 신경망 자체의 구성은 제안 기법과 동일하나 신경망의 입력 데이터를 초록색은 $\mathbf{x}$ 를 사용하고, 빨간색은 $\mathbf{x}$ 를 fast Fourier transform (FFT) 과정으로 처리한 데이터

<표 1> 신호 모델 파라미터.

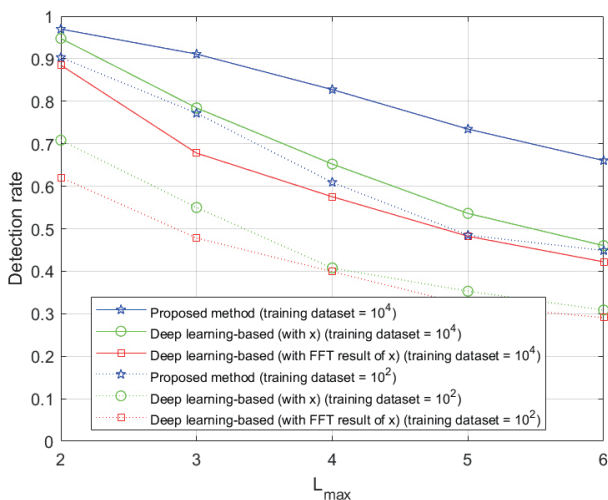
L	$U(1, L_{\max})$
$L_{\max}$	4
P	16
SNR	25dB
A_l	$CN(0, 1)$
f_l	$U(0, 1/\Delta t)$



〈그림 2〉 SNR에 따른 신호 수 검출률.

를 사용한 기법이다.

〈그림 2〉는 signal-to-noise ratio (SNR)에 따른 전파 신호 수 검출률을 나타낸 그림이다. 또한, 검출률은 간단하게 말하여서 (각 테스트 과정에서 추정된 신호 수와 실제 신호 수가 같을 때의 개수 / 테스트 데이터 셋의 크기)로 계산이 되어진다. 그림을 보면 알 수 있듯이 실선을 훈련 데이터가 10^4 개이며, 점선은 10^2 일 때이며, 같은 훈련 데이터를 이용하였을 때는 모든 SNR 구간에서 제안된 기법이 비교 기법들보다 우수한 신호 수 검출 성능을 보였다. 심지어 적은 훈련 데이터를 이용하였음에도 불구하고 더 많은 훈련 데이터를 사용한 기존 비교

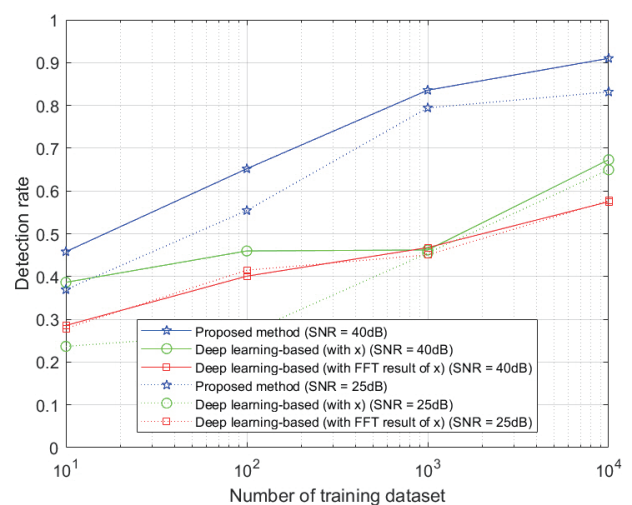


〈그림 3〉 $L_{\max}$ 에 따른 신호 수 검출률.

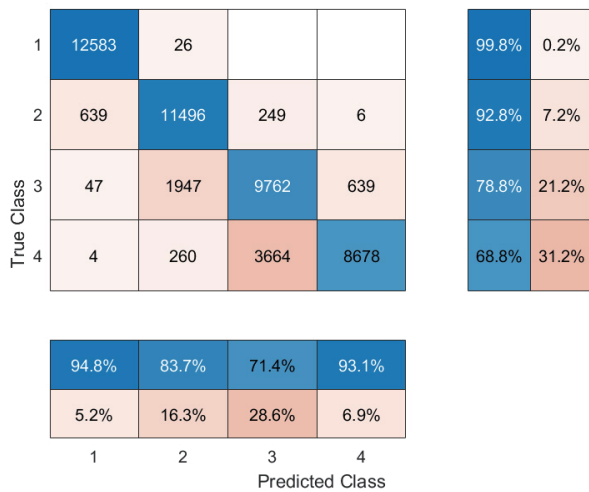
기법들과 유사한 성능을 제안 기법이 선보였다. 게다가, SNR이 35dB이상인 높은 SNR 구간에서는 신호 수 검출률이 약 90%이상의 매우 우수한 결과가 나온 것을 확인할 수 있다.

〈그림 3〉은 $L_{\max}$ 에 따른 검출률에 관한 그림이다. 분명하게 $L_{\max}$ 가 증가할수록 신호의 수를 검출하기 어렵다는 것은 당연한 사실이다. 그림에도 불구하고, 우리의 제안 기법은 $L_{\max}$ 가 증가함에 따라서 같은 훈련 데이터를 사용하였을 때 매우 우수한 신호 수 검출 성능을 보이는 것을 알 수 있다. 이것은 제안 기법이 신호의 수 검출의 우수한 성능이 특정한 $L_{\max}$ 구간에 국한한 것이 아니고, 신호 $\mathbf{x}$ 의 길이가 충분하다면 일반적인 $L_{\max}$ 에서는 강인한 성능을 보인다는 것을 의미한다고 볼 수 있다.

다음으로 〈그림 4〉는 훈련 데이터 셋의 크기에 따른 신호 검출률에 관한 그림이다. 실선은 SNR이 40dB, 점선은 SNR이 25dB인 상황에서 시뮬레이션을 진행하였다. 그림을 보면 알 수 있듯이 기존 비교 기법들과 비교하였을 때 모든 훈련 데이터 셋의 크기 값 구간에서 제안 기법의 성능이 가장 우수하였다. 또한, SNR이 더 낮은 (즉, 잡음이 더욱 심한 상황)에서 제안 기법의 성능은 잡음이 보다 완화된 SNR이 더 높은 상황에서의 기존 기법들보다 대부분의 구간에서 더 나은 성능을 선보였으며, 훈련 데이터 셋의 크기가 10^4 로 도달할 경우 검출률이 90% 이상으로 보여졌다.



〈그림 4〉 훈련 데이터 셋의 크기에 따른 신호 수 검출률.



〈그림 5〉 제안한 기법의 confusion 행렬.

마지막으로 〈그림 5〉는 조금 더 한눈에 보이는 명확한 제안 기법의 성능을 보이기 위하여 confusion 행렬로 기본 시뮬레이션 세팅 값을 적용하여 표현된 그림이다. 그림의 해석은 예를 들어서, 데이터 중 실제로 신호의 수가 2인 것들 중 모델이 클래스 2라고 정확히 예측한 비율은 92.8%이며, 모델이 클래스 2라고 예측한 것 중 실제로 클래스 2인 비율은 83.7%라고 해석이 될 수 있다. 따라서, 본 섹션에서는 비교 대상 기법들과 제안 기법간에 다양한 파라미터에 따른 성능을 살펴보았으며 제안 기법의 우수한 성능을 검증할 수 있었다.

IV. 전망과 결론

본 원고에서는 잡음이 있는 상황에서 관측 신호를 샘플링한 $\mathbf{x}$ 로부터 얻어진 한켈 행렬 $\mathbf{X}$ 의 저랭크 특성에 기반하여 신호의 수를 탐지하는 문제를 다루었다. 기존의 대규모 및 복잡한 신경망 프레임워크 기반의 알고리즘과는 다르게 제안 기법은 새로운 효율적인 신호 수 추정 알고리즘 프레임워크를 제시하였다. 이러한 제안 기법은 샘플 신호의 길이, 훈련 데이터 셋의 크기 등을 줄여 에너지와 메모리 자원이 제한된 현대의 시스템에서 매우 유리할 것으로 판단된다. 또한, 이 연구는 신호 처리 분야에서의 재구성 및 추정과 같은 문제에서의 신호의 수 정보가 매우 중요하므로 큰 공헌을 할 수 있다고 사료된다. 향

후 연구에서는 통신과 센싱의 통합과 관련하여 주요 기술인 integrated sensing and communication (ISAC) 등과 같은 다양한 시나리오에서 견고한 알고리즘으로 확장이 가능하다고 생각된다.

참고 문헌

- [1] D. Sundararajan, The Discrete Fourier Transform: Theory, Algorithms and Applications. Singapore: World Sci., 2001.
- [2] S. Kim and K.-K. Lee, "Low-complexity joint extrapolation-MUSICbased 2-D parameter estimator for vital FMCW radar," IEEE Sensors J., vol. 19, no. 6, pp. 2205–2216, Mar. 2019.
- [3] M. Cheney, "The linear sampling method and the MUSIC algorithm," Inverse Probl., vol. 17, no. 4, p. 591, 2001.
- [4] X. Zhang, W. Chen, W. Zheng, Z. Xia, and Y. Wang, "Localization of near-field sources: A reduced-dimension MUSIC algorithm," IEEE Commun. Lett., vol. 22, no. 7, pp. 1422–1425, Jul. 2018.
- [5] W. Li, W. Liao, and A. Fannjiang, "Super-resolution limit of the ESPRIT algorithm," IEEE Trans. Inf. Theory, vol. 66, no. 7, pp. 4593–4608, Jul. 2020.
- [6] G. Xu, S. D. Silverstein, R. H. Roy, and T. Kailath, "Beamspace ESPRIT," IEEE Trans. Signal Process., vol. 42, no. 2, pp. 349–356, Feb. 1994.
- [7] J. Zhang, D. Rakhimov, and M. Haardt, "Gridless channel estimation for hybrid mmWave MIMO systems via tensor-ESPRIT algorithms in DFT beamspace," IEEE J. Sel. Topics Signal Process., vol. 15, no. 3, pp. 816–831, Apr. 2021.
- [8] D. L. Donoho, "Compressed sensing," IEEE Trans. Inf. Theory, vol. 52, no. 4, pp. 1289–1306, Apr. 2006.
- [9] E. J. Candès, J. Romberg, and T. Tao, "Robust uncertainty principles: Exact signal reconstruction from highly incomplete frequency information," IEEE Trans. Inf. Theory, vol. 52, no. 2, pp. 489–509, Feb. 2006.
- [10] H. E. A. Laue, "Demystifying compressive sensing [lecture notes]," IEEE Signal Process. Mag., vol. 34, no. 4, pp. 171–176, Jul. 2017.
- [11] Z. Li, H. Huang, and S. Misra, "Compressed sensing via

dictionary learning and approximate message passing for multimedia Internet of Things,” IEEE Internet Things J., vol. 4, no. 2, pp. 505–512, Apr. 2017.

[12] W.-H. Lee, J.-H. Lee, and K. W. Sung, “Geometric sequence decomposition with k-simplexes transform,” IEEE Transactions on Communications, vol. 69, no. 1, pp. 94–107, 2020.

[13] O. Elijah, T. A. Rahman, I. Orikumhi, C. Y. Leow, and M. N. Hindia, “An overview of Internet of Things (IoT) and data analytics in agriculture: Benefits and challenges,” IEEE Internet Things J., vol. 5, no. 5, pp. 3758–3773, Oct. 2018.

[14] W.-H. Lee and M. Kim, “Nsignet: A neural network design for detecting the number of signals under sparse observations,” IEEE Internet of Things Journal, 2024.



신경섭

- 2005년 3월 ~ 2009년 2월 한국과학기술원 (KAIST) 전기 및 전자공학부 공학사
- 2009년 2월 ~ 2011년 1월 한국과학기술원 (KAIST) 전기 및 전자공학부 공학석사
- 2011년 2월 ~ 2015년 2월 한국과학기술원 (KAIST) 전기 및 전자공학부 공학박사
- 2015년 2월 ~ 2017년 8월 KT 융합기술원 인프라연구소 5G TF 선임연구원
- 2017년 9월 ~ 2020년 3월 세명대학교 컴퓨터학부 조교수
- 2020년 3월 ~ 현재 상명대학교 컴퓨터과학전공 부교수

〈관심 분야〉

Future Wireless Communication, Internet of Things, Reinforcement Learning

신호 한켠화를 통한 SNR 추정기 설계

I. 서론

대부분의 신호처리 알고리즘들의 성능은 잡음 대비 신호의 품질, 즉 signal-to-noise ratio (SNR)와 연관되어있다. SNR은 잡음 제거, 분류, 그리고 채널 추정^{[1]-[3]}과 같은 문제에서 중요한 매개변수로 영향을 끼칠 뿐만 아니라 성능에도 직접적인 영향을 미친다. 대부분의 알고리즘들은 SNR을 미리 알고있다는 가정하에 진행되지만, 현실적으로 동적이고 잡음이 혼재하는 무선 통신에서 이를 아는 것은 어려움이 있다. 또한, SNR은 통신 시스템의 성능을 직접적으로 평가하는 중요한 지표로 신호가 전송되는 과정에서 필연적으로 잡음이 발생하는 통신 시스템에서는 더욱 중요해진다. SNR이 높을수록 수신된 신호의 품질이 향상되며 SNR이 낮을수록 잡음이 신호에 비해 더 커져 신호가 왜곡되거나 손실될 가능성이 높아진다. 따라서 통신 시스템에서는 SNR을 추정하고 이를 바탕으로 성능을 최적화할 필요가 있다. 예를 들어 채널 용량과 비트 에러율과 같은 핵심 성능들은 SNR에 직접적으로 영향을 받기에 SNR을 추정하는 것은 전체적인 시스템 성능을 향상시키는 중요한 역할을 맡는다. 따라서 강인하고 정확한 SNR 추정 기법은 앞서 언급한 알고리즘들의 효율성을 위해서라면 필수적이다. 이러한 방법은 기존 알고리즘들의 성능을 높일 뿐만 아니라 차세대 무선 통신 시스템의 발전에도 기여할 수 있을 것이다.

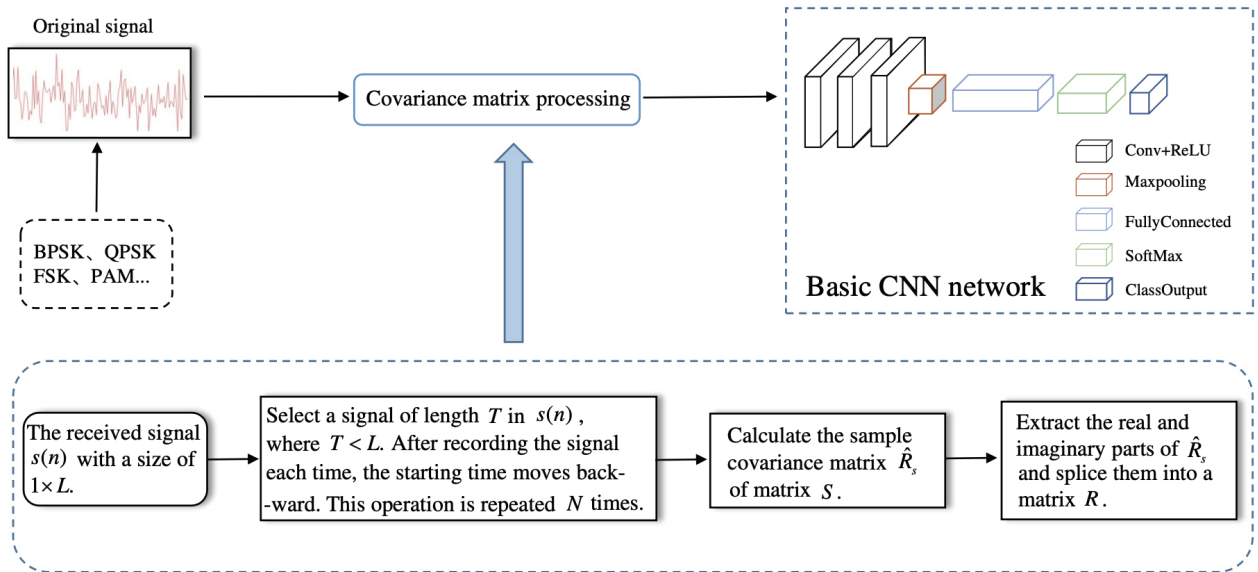


김 동 환
고려대학교 (세종)

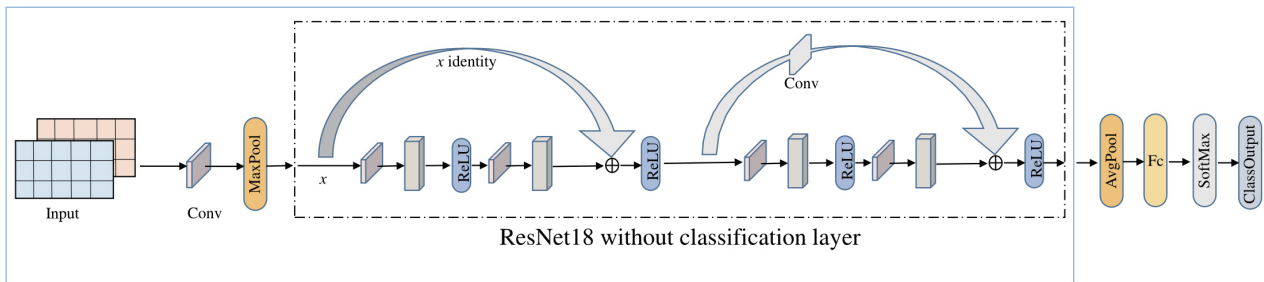


송 태 원
순천향대학교

기존 통신 시스템에서 제안된 SNR 추정 기법은 다양한 방식을 통해 제시되었다. 이러한 기법들은 data-assisted (DA) 방식과 non-data-assisted (NDA) 방식으로 구분된다^{[4],[5]}. DA 방식은 전송된 신호를 미리 알고 있다는 가정하에서 SNR을 추정하는 것으로 minimum mean-square error (MMSE) 기법^[6], maximum likelihood (ML) 추정 기법^[7]등을 예로 들 수 있다. 반대로 NDA 방식은 전송된 신호



〈그림 1〉 공분산 행렬을 이용한 SNR 추정기 모델 ^[10].



〈그림 2〉 전력 스펙트럼을 이용한 SNR 추정기 모델 ^[11].

를 모르는 상황에서 추정하는 것으로, 예를 들어 split-symbol moment estimator (SSME)^[8], signal-to-variation ratio (SVR) 추정이 있다. 하지만 이러한 기법은 전송된 신호를 미리 알고 있다는 가정하에서 진행하거나 신호 변조 타입이 제한된다는 단점을 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 공분산 행렬을 이용한 딥러닝 기반 SNR 추정 기법^[10]과 전력 스펙트럼을 입력으로 사용한 모델^[11]이 제안되었지만 복소 신호를 한번에 처리하지 못하는 점, 복잡한 신경망 구조를 가지는 점, 그리고 많은 훈련 데이터를 요구한다는 점에서 여전히 제한이 있다. 〈그림 1〉과 〈그림 2〉는 각각^[10]^[11]에서 제안한 모델로 합성곱 신경망을 이용한 것을 볼 수 있으며 매우 복잡한 구조를 가지며 필요한 훈련 데이터셋의 크기도 매우 많다. 따라서 본 특집기에서는 기존 기술들의 한계점을

극복할 수 있는 두 가지 SNR 추정 기법에 대해서 소개하고자 하며, 이는 신호의 적절한 변형을 동반한 1) 선형대수적 기법, 2) 신경망 기반 기법으로 나뉜다. 간단하게, 선형대수적 기법은 하나의 샘플로도 SNR을 추정할 수 있다는 장점을 가지지만 신호의 수를 알아야하며, 신경망 기반 기법은 적은 양의 훈련을 필요로 하지만 신호의 수를 몰라도 된다는 장점이 있다.

본 특집기에서는 신호 모델을 먼저 살펴보고, 이에 기반한 SNR 추정 기법, 그리고 시뮬레이션 결과를 제공하여 독자들의 이해를 돕고자한다.

II. 신호 모델

K 개의 전파가 중첩되어 있는 상황을 가정해보자. 그렇

다면 k 번째 전파는 연속시간영역에서 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$v_k(t) = A_k e^{i2\pi f_k t}, \quad (1)$$

위 식에서 A_k 와 f_k 는 각각 복소 이득과 $v_k(t)$ 의 주파수를 의미한다. 또한 k 가 다르다면 주파수 f_k 또한 다르다고 가정한다. 다음으로는 이산 시간 영역으로 변환하기 위해서 샘플링 간격 Δt 을 복소 신호에서의 나이퀴스트 이론을 만족하도록 설정한다면, 샘플링된 신호 $\mathbf{x}$ 는 아래와 같다.

$$\mathbf{x} = \sum_{k=1}^K A_k e^{i2\pi f_k l \Delta t} + \mathbf{w}[l] \quad l=1 \quad (= \sum_{k=1}^K s_k + w), \quad (2)$$

여기에서 s_k 는 k 번째 샘플링된 신호이며 w 는 additive white Gaussian noise (AWGN)을 의미한다. 위 신호 모델은 시간 영역에서 관측된 서로 다른 주파수의 전파가 중첩된 신호뿐만 아니라 스펙트럼적으로 희소한 사니리오로 볼 수 있다. 이는 주파수 영역에서의 관측을 통해 서로 다른 시간 지연을 모델링하거나 공간 영역에서 관측을 통해 서로 다른 각도로도 모델링하여 확장될 수 있다.

III. 신호 한켈화를 이용한 SNR 추정기

1. 선형대수학 기반 SNR 추정 기법

SNR을 추정하기 위해서 한켈화와 singular value decomposition (SVD)을 사용한다. 신호 $\mathbf{x}$ 에 대한 한켈

행렬 $\mathbf{X} \in \mathbb{C}^{P_T \times P_T}$ 은 아래와 같이 정의될 수 있다.

$$\mathbf{X}[i+j] = \mathbf{x}[i+j]. \quad (3)$$

아래는 한켈화에 대한 간단한 예시이다.

$$\begin{bmatrix} \mathbf{x}(1) \\ \mathbf{x}(2) \\ \mathbf{x}(3) \\ \mathbf{x}(4) \\ \mathbf{x}(5) \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} \mathbf{x}(1) & \mathbf{x}(2) & \mathbf{x}(3) \\ \mathbf{x}(2) & \mathbf{x}(3) & \mathbf{x}(4) \\ \mathbf{x}(3) & \mathbf{x}(4) & \mathbf{x}(5) \end{bmatrix}$$

위 식에서 P_T 와 P_T 은 각각 $\mathbf{x}$ 의 행과 열의 차원 크기를 의미하며 두 차원을 결정하는 기준은 신호 $\mathbf{x}$ 의 크기에 따라 결정된다. 신호의 길이가 짝수라면, $P_T = P_T + 1$ 이며 홀수이면 $P_T = P_T$ 정방 행렬이 된다. 또한 한켈 행렬 $\mathbf{X}$ 는 SVD를 이용하여 분해될 수 있으며 아래와 같다.

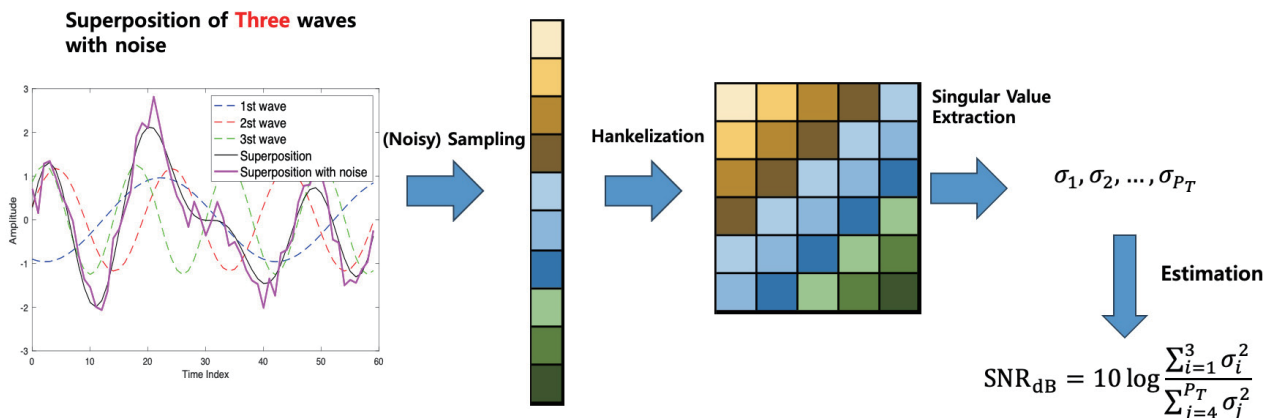
$$\mathbf{X} = \mathbf{U} \mathbf{\Sigma} \mathbf{V}^H \quad (4)$$

위 식에서 $\mathbf{U}$ 와 $\mathbf{V}$ 는 각각 $\mathbf{x}$ 의 left 그리고 right 특잇값 벡터이다. 또한, $\mathbf{\Sigma}$ 는 내림차순으로 정렬한 특잇값 σ_i 의 대각 행렬이다.

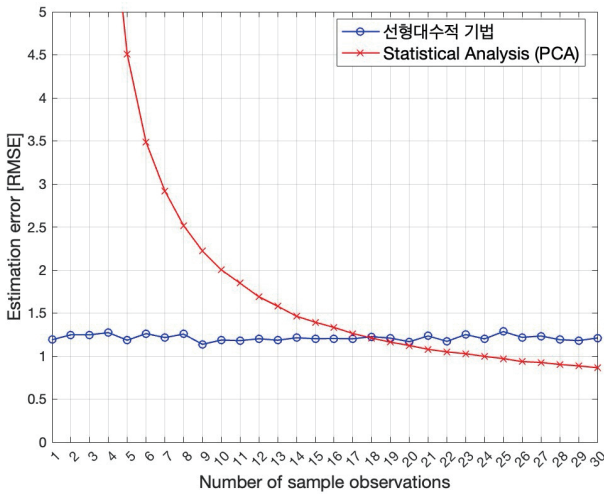
다음으로 한켈 행렬의 유용한 성질에 대해 알아보기 위해서 잡음이 없는 이상적인 신호 $\mathbf{x}$ 를 고려한다. 그렇다면, 여기에서 잡음이 없는 $\mathbf{X}$ 에 대한 저 랭크 특성은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{rank}(\mathbf{X}) = K \quad (5)$$

위 성질은 행렬 랭크에 대한 정의에 입각하여, 각 행의 독립성과 기저 벡터의 관계를 통해 쉽게 알 수 있다. 이를 통해 잡음이 없는 상황에서 한켈 행렬의 랭크는 신호



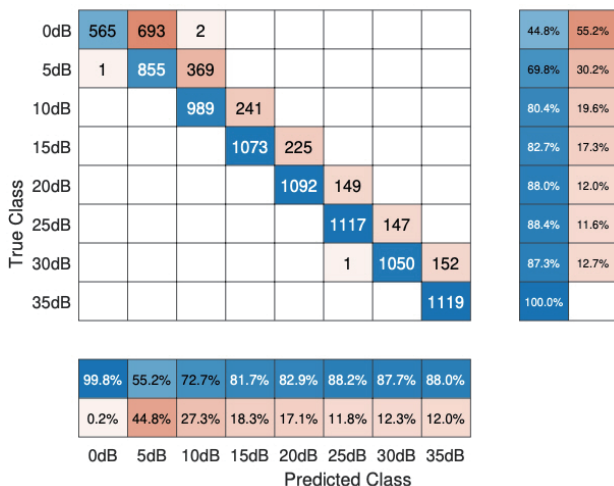
〈그림 3〉 공분산 행렬을 이용한 SNR 추정기 모델 ^[10].



〈그림 4〉 샘플 수에 따른 추정 성능.

가 중첩된 수 K 와 같음을 알 수 있으며 특잇값이 K 개 까지의 유용한 정보를 담고 있음을 알 수 있다. 그러나, 잡음이 더해지게 된다면 위에서 보인 저 랭크 특성이 깨지게 되며 랭크가 증가하게 된다. 그림에도 불구하고, 위에서 언급한 것을 바탕으로 상위 K 개의 특잇값은 신호 부공간을 결정하는 요소가 되며 나머지 특잇값은 잡음 부공간을 결정하는 요소가 된다고 해석할 수 있다. 이를 바탕으로 아래와 같은 수식을 통해 SNR을 추정할 수 있다.

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} \frac{\sum_{i=1}^K \sigma_i^2}{\sum_{i=K+1}^P \sigma_i^2} \quad (6)$$



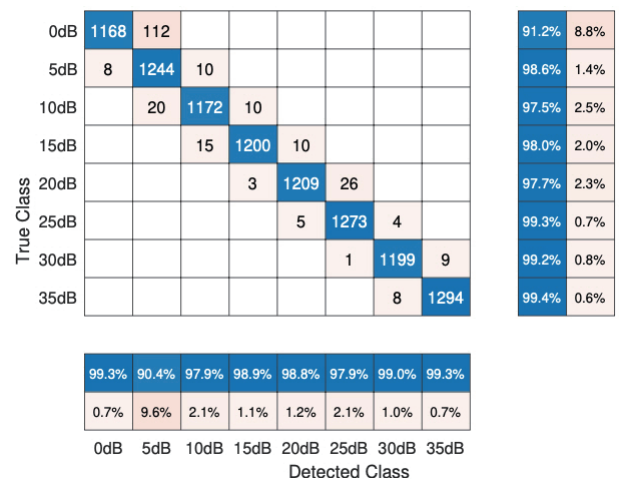
〈그림 5〉 분류 성능에 대한 혼동 행렬 결과 (선형대수적 기반).

이에 대한 과정은 〈그림 3〉을 통해 쉽게 이해할 수 있다. 이 기법은 중첩된 신호의 수 K 를 알아야한다는 제한점이 존재하지만, 그림에도 하나의 샘플로 SNR을 추정할 수 있다는 장점이 존재한다. 이와 비슷하게 공분산 행렬을 이용하여도 신호 부공간과 잡음 부공간을 분리하여 SNR을 추정할 수 있지만 샘플의 수가 많이 필요하다는 단점이 존재한다. 이는 〈그림 4〉를 통해 알 수 있으며 선형대수적 기법은 하나의 샘플로 추정하기에 거의 일정한 성능을 가짐을 볼 수 있다. 하지만, 공분산 행렬을 이용한 기법은 샘플의 수가 19개 일 때부터 선형대수적 기법의 성능을 뛰어넘는 것을 볼 수 있다.

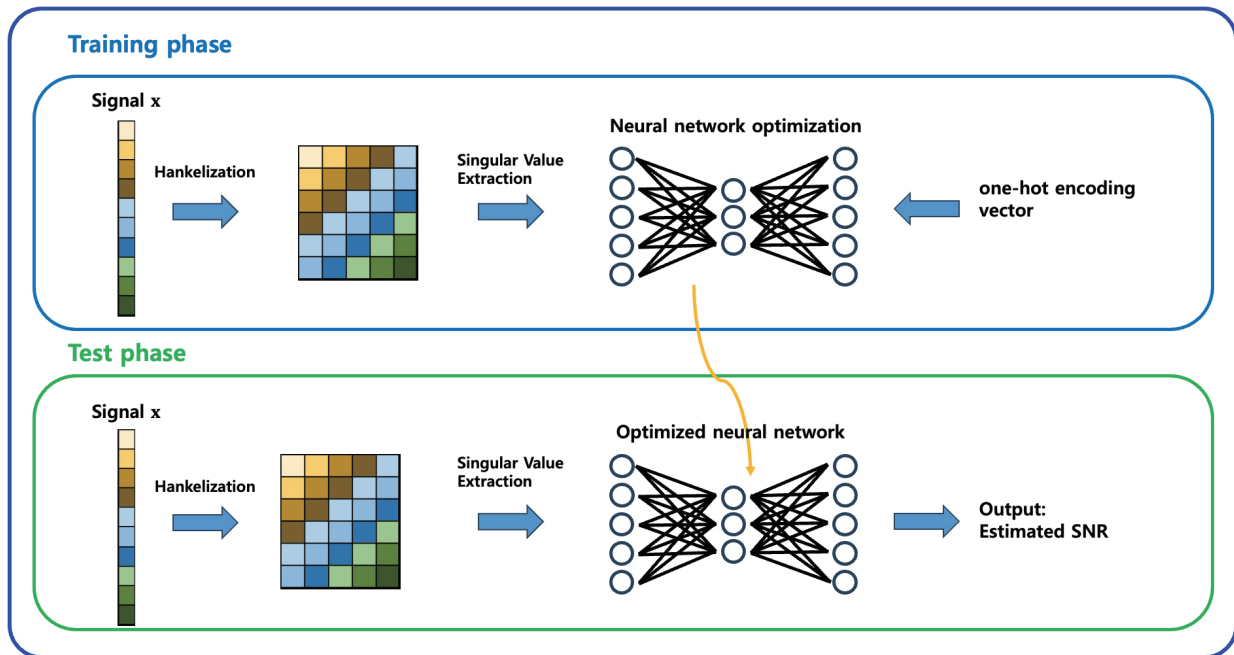
〈그림 5〉는 SNR에 따른 신호의 분류 성능을 나타내는 혼동 행렬이다. 신호가 0부터 35dB까지 이산적으로 랜덤한 SNR 분포를 따른다고 가정하고, 이를 분류하는 성능을 나타낸 것으로 행의 요약은 각 실제 클래스에 대해 올바르게 분류된 예측과 잘 못 분류된 예측의 백분율을 표시한다. 열의 요약은 각 예측 클래스에 대한 백분율을 표시해주며 낮은 SNR일때는 SNR을 더 높게 추정하는 것을 볼 수 있다.

2. 인공신경망 기반 SNR 추정 기법

앞서 보였던 것처럼 첫 번째 기법은 한 번의 신호 관찰로도 SNR을 추정할 수 있다는 장점을 가지지만 신호의



〈그림 6〉 분류 성능에 대한 혼동 행렬 결과 (신경망 기반).



〈그림 7〉 인공 신경망 기반 SNR 추정 모델 훈련 및 테스트 과정.

수 K 에 대한 사전 정보가 필요하다. 따라서 이번에는 신경망 기반 모델을 소개하며 이는 약간의 훈련 데이터셋을 필요로 하지만 신호의 수를 모르더라도 추정할 수 있다는 장점을 가진다. 또한, 서론에서 언급한 신경망 모델과 비교하면 매우 낮은 매개변수로도 SNR을 추정할 수 있다.

한켈 행렬 $\mathbf{x}$ 의 특잇값이 SNR에 대한 유용한 정보를 가지고 있어 추정할 수 있었던 것과 같이 SNR을 추정하기 위한 신경망의 입력으로 신호 $\mathbf{x}$ 를 사용하는 것 보단 특잇값을 입력으로 사용하면 더 좋은 성능을 가질 것을 예상할 수 있다. 이때, 신경망 분류 문제 특성 상 연속적인 분포되어있는 SNR을 추정할 수 없기에 적당한 구간으로 대표적인 SNR을 선정한 뒤에, 이에 대응되는 원-핫 인코딩 벡터를 신경망의 출력으로 설정하여 학습시키도록 한다. 자세한 신경망 학습 과정은 〈그림 7〉을 통해 쉽게 이해할 수 있을 것이다.

이에 대한 시뮬레이션 결과는 〈그림 6〉과 같다. 위 그림의 해석은 〈그림 5〉에서 설명한 것과 동일하며 선형대수적 기반 기법에 비해서 더 뛰어난 성능을 가지며 낮은 SNR 구간에서도 추정 성능이 높은 것을 볼 수 있다. 또한, 서론에서 언급한 신경망 기반 SNR 추정 모델에 비해서 월등히 적은 파라미터로도 SNR을 추정할 수 있다는

점과 선형대수적 기법과 달리 신호의 수를 몰라도 SNR을 추정할 수 있다는 장점을 가진다.

IV. 전망과 결론

본 특집기에서는 기존 SNR 추정 기법들의 문제를 극복할 수 있는 두 가지 SNR 추정 기법들을 소개하였다. 두 방식 모두 한켈화에 기초하여 특잇값을 이용하는 방식이다. 먼저, 선형대수적 기법은 간단한 구조로 하나의 샘플 만으로도 SNR을 추정할 수 있다는 장점을 제공하며, 신경망 기반 기법은 적은 훈련 데이터로도 효과적인 성능을 발휘하며, 특히 신호의 수를 몰라도 된다는 유연성을 제공하기에 동적이고 다양한 통신 환경에 적합하다. 이 두 기법은 각각의 특성에 따라서 상호 보완적으로 사용될 수 있을 것이라고 기대되며, 차세대 무선 통신 시스템에서의 응용에 새로운 가능성을 열어준다. 특히, 복잡한 신경망 구조나 많은 훈련 데이터를 요구하지 않으면서도 높은 성능을 가진다는 점에서 기존 기법들의 단점을 보완할 수 있었으며, 통신 시스템 성능의 전반적인 향상에 기여할 수 있을 것으로 보인다. 앞으로는 실제 환경에서의 검증과 더불어 다양한 응용들에서의 평가를 통해 이 기법들

의 효율성과 실용성을 강화하는 연구가 필요할 것으로 예상된다.

참고 문헌

- [1] J. G. Lourens and D. M. Weber, "Measuring audio SNR on digital broadcast systems," *IEEE Transactions on Broadcasting*, vol. 40, no. 2, pp. 98–101, 1994.
- [2] J. C. Wood and K. M. Johnson, "Wavelet packet denoising of magnetic resonance images: importance of Rician noise at low SNR," *Magnetic Resonance in Medicine: An Official Journal of the International Society for Magnetic Resonance in Medicine*, vol. 41, no. 3, pp. 631–635, 1999.
- [3] M. Miller and N. Kingsbury, "Image denoising using derotated complex wavelet coefficients," *IEEE Transactions on Image Processing*, vol. 17, no. 9, pp. 1500–1511, 2008.
- [4] H. Abeida, T. Y. Al-Nafouri, and S. Al-Ghadhban, "Data-aided SNR estimation in time-variant Rayleigh fading channels," in *Proc. IEEE 11th Int. Workshop Signal Process. Adv. Wireless Commun. (SPAWC)*, 2010, pp. 1–5.
- [5] R. Matzner and F. Englberger, "An SNR estimation algorithm using fourth-order moments," in *Proc. IEEE Int. Symp. Inf. Theory*, 1994, p. 119.
- [6] D. Guo, Y. Wu, S. S. Shitz, and S. Verdú, "Estimation in Gaussian noise: Properties of the minimum mean-square error," *IEEE Trans. Inf. Theory*, vol. 57, no. 4, pp. 2371–2385, Apr. 2011.
- [7] S. K. Tiwari and P. K. Upadhyay, "Maximum likelihood estimation of SNR for diffusion-based molecular communication," *IEEE Wireless Commun. Lett.*, vol. 5, no. 3, pp. 320–323, Jun. 2016.
- [8] B. Shah and S. Hinedi, "The split symbol moments SNR estimator in narrow-band channels," *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.*, vol. 26, no. 5, pp. 737–747, Sep. 1990.
- [9] T. Salman, A. Badawy, T. M. Elfouly, T. Khatlab, and A. Mohamed, "Non-data-aided SNR estimation for QPSK modulation in AWGN channel," in *Proc. IEEE 10th Int. Conf. Wireless Mobile Comput., Netw. Commun. (WiMob)*, 2014, pp. 611–616.
- [10] S. Chen, S. Zheng, Z. Yang, T. Chen, Z. Zhao, and X. Yang, "Deep Learning-Based SNR Estimation with Covariance Input," in *2023 IEEE 23rd International Conference on Communication Technology (ICCT)*. IEEE, 2023, pp. 181–187.
- [11] ZHENG, Shilian, et al. Deep Learning-Based SNR Estimation. *IEEE Open Journal of the Communications Society*, 2024.



김동환

• 2019년 3월 ~ 현재 고려대학교 (세종) 전자 · 기계융합공학과 재학

〈관심 분야〉

Deep Learning, Signal Processing



송 태 원

- 2005년 3월 ~ 2010년 2월 고려대학교
전기전자전파공학부 공학사
- 2010년 9월 ~ 2017년 2월 고려대학교
전기전자전파공학과
공학박사
- 2017년 2월 ~ 2020년 9월 LG전자 CTO부문
선임연구원
- 2020년 9월 ~ 2021년 2월 순천향대학교 SCH
융합과학연구소 연구조교수
- 2021년 3월 ~ 현재 순천향대학교 사물인터넷학과
조교수

〈관심 분야〉

Next-Generation Wireless Networks, Artificial
Intelligence-aided Wireless Networks

한켈화 전처리를 이용한 인공 신경망 기반 동기 신호 검출

I. 서론

무선 통신 시스템에서 프리앰블(preamble)은 수신기와 송신기 간의 동기화를 위해 필수적인 요소로 작용한다. 프리앰블은 데이터 전송 전에 송신되는 신호의 일정 패턴으로, 주로 동기 포착 (synchronization acquisition)을 수행하는 데 사용된다. 무선 통신 시스템에서 동기 포착은 송신기와 수신기 간의 정확한 데이터 전송을 보장하는 데 필수적인 요소이다. 이 과정은 송신 신호와 수신 신호 간의 시간, 주파수, 위상 등의 동기를 맞추어 효율적인 데이터 전송을 가능하게 한다. 동기 포착은 수신기에서 신호를 정확하게 탐지하고, 시간과 주파수 오차를 최소화하여 데이터 오류를 줄이는 역할을 하며, 동기 포착이 제대로 이루어지지 않으면 수신기에서 신호를 올바르게 해석할 수 없게 되어, 데이터 전송 과정에서의 신뢰성이 저하될 수 있다. 이로 인해, 무선 통신에서 프리앰블을 이용한 동기 포착은 안정적인 통신 성능 확보를 위한 핵심 기술이다.

프리앰블을 이용한 동기 포착 과정에서, 수신 신호와 송신된 프리앰블의 상관 함수를 계산하여 동기 신호를 검출한다. 이 과정에서 상관 함수는 수신 신호와 프리앰블 간의 유사성을 측정하는 도구로 사용되며, 상관함수의 출력에서 피크가 발생하는 위치는 송신 신호의 시작 지점을 나타낸다. 동기 포착은 이 상관 함수의 피크 값이 사전에 설정된 임계값을 초과할 때 이루어진다.

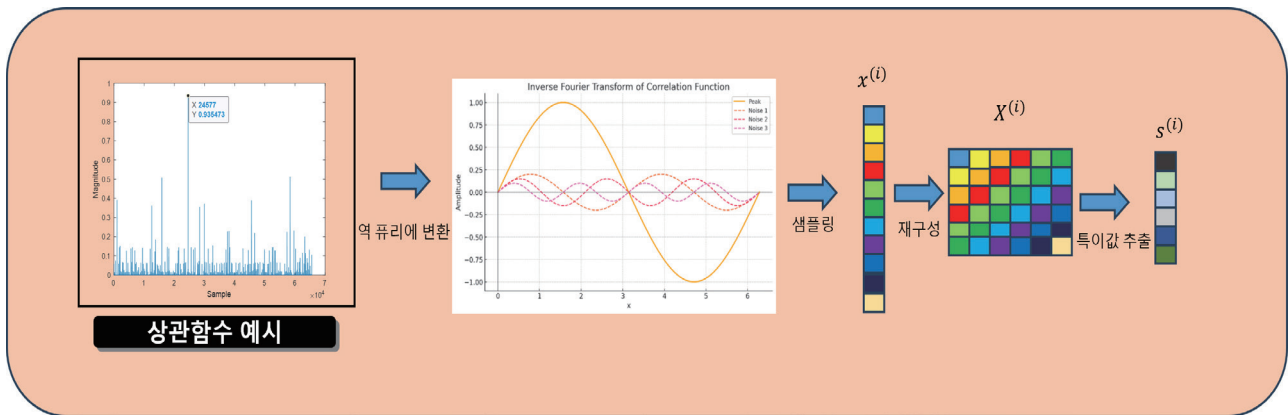
임계값 설정은 동기 신호 검출의 정확성과 신뢰성을 결정하는 중요한 요소이다. 임계값이 너무 낮으면 잡음에 의해 잘못된 동기 신호 검출이 발생할 수 있고, 너무 높으면 동기 신호 검출 실패로 이어질 수 있다. 이를 해결하기 위해 CFAR (Constant False Alarm Rate) 기법을 사용하여 임계값을 동적으로 설정한다^{[1],[2]}. CFAR 기법은 주변 환경의 잡



손준영
숭실대학교



이종호
숭실대학교



〈그림 1〉 상관함수의 한켈화 기반 전처리 과정

음 수준을 고려하여 실시간으로 임계값을 조정하는 알고리즘으로, 수신 신호의 잡음 환경이 변화해도 일정한 오탐지율을 유지할 수 있도록 임계값을 자동으로 조정함으로써, 동기 신호 검출의 성능을 최적화할 수 있다^{[3],[4]}. 이 방법은 신호와 잡음의 분포를 분석하여 평균 잡음 수준에 기반한 임계값을 설정하고, 신호 탐지 성능과 오탐지 확률 간의 균형을 맞춘다^[5].

최근 무선 통신 시스템에서 딥러닝을 활용한 신호처리 방법이 활발히 연구되고 있다. 딥러닝 기반 기법은 데이터의 비선형적 특징을 학습할 수 있어, 잡음이 많은 환경에서도 신호 검출 성능을 향상시킬 수 있는 잠재력을 지닌다. 기존의 전통적인 신호 검출 기법들은 주로 선형적인 특성을 가정하지만, 실제 무선 통신 환경에서는 다양한 비선형적 요소들이 존재한다. 이에 따라, 딥러닝을 이용한 비선형적 특성 학습을 통해 보다 정확한 신호 검출이 가능해졌다. 특히, 인공 신경망은 임계값 없이 상관 함수 패턴을 학습할 수 있어, 다양한 환경에서도 일정한 성능을 유지할 수 있다.

기존의 상관 함수를 이용한 동기 신호 검출에서는 임계값을 설정하여 신호의 존재 여부를 판단하지만, 인공 신경망(Artificial Neural Network)을 활용한 방법에는 이러한 임계값 설정 없이도 상관 함수의 패턴을 학습하여 신호의 존재 유무를 판단할 수 있다^{[6],[7]}. 인공 신경망 기반의 방법에서는 상관 함수의 출력 패턴을 학습 데이터로 사용하여 신호가 존재할 때와 신호가 존재하지 않을 때의 특징을 학습한다. 이 과정에서 신경망은 신호의 유무를

스스로 판단할 수 있도록 훈련된다.

본 원고에서는 기존의 상관 함수를 인공 신경망의 입력으로 직접 사용하는 방식의 한계를 극복하기 위해, 한켈화(Hankelization) 기반의 전처리 과정을 거쳐 신경망의 입력으로 사용하는 새로운 기법을 제안한다^{[8],[9]}. 기존의 동기 신호 검출 방식은 주로 상관 함수를 기반으로 하는데, 이 방법은 신호와 잡음을 구분하는 데 있어서 한계가 있다. 특히, SNR이 낮은 환경에서는 신호 검출이 어려워지고, 임계값 설정에 따라 오탐지율이 급격히 증가할 수 있다. 본 원고에서 제안하는 한켈화 기반 전처리 과정은 1) 프리앰블 신호와 수신 신호의 상관 함수를 역 푸리에 변환하고, 2) 상관 함수의 역 푸리에 변환 결과를 한켈 행렬로 변환하여 특이값 분해(Singular Value Decomposition, SVD)를 수행하며, 3) SVD 결과를 통해 특이값 벡터를 얻는 3 단계로 구성된다. 위 과정을 통해 최종적으로 얻은 특이값 벡터를 인공 신경망의 입력으로 사용하여 동기 신호 포착을 수행하도록 한다^[10]. 이러한 한켈화 기반 전처리 과정은 신호의 구조적 특성을 명확하게 드러내어 신경망이 효과적으로 학습할 수 있도록 돕는 역할을 한다. 이와 유사한 기법을 차용한 라이시안(Rician) 및 레일리(Rayleigh) 채널에서 한켈화 기반 신경망 분류기를 사용하여 신호 분류 성능을 개선하는 방식을 제안하였으며^[11], XL-MIMO 시스템에서 근거리 및 원거리 신호 분류를 위해 한켈화 기법을 사용한 신경망 기반 분류 모델을 제시한 선행 연구가 존재한다^[12]. 제안된 전처리 방법은 잡음을 최소화하고 동기

신호 검출 정확도를 높이는 데 중요한 역할을 한다.

본 원고에서는 인공 신경망 모델의 성능을 향상시키기 위한 한켈화 기반 전처리 기법을 제안한다. 또한, 모의 실험을 통해 동기 신호 검출을 위한 인공 신경망 모델에서 상관 함수 결과를 그대로 인공 신경망 모델의 입력으로 사용하는 기존 방식에 비해 한켈화 기반 전처리를 거쳐 입력으로 사용한 모델이 향상된 성능을 보임을 검증한다.

II. 시스템 모델

본 원고에서는 Zadoff-Chu 시퀀스를 이용하여 프리앰블을 구성하였다^[13]. Zadoff-Chu 시퀀스는 무선 통신 시스템에서 널리 사용되는 시퀀스 중 하나로, 특히 동기 신호 검출에 효과적이며, 완전한 상관성을 지니기 때문에 자기 상관 함수가 낮은 환경에서도 명확한 피크를 형성함으로써, 신호의 정확한 시작 지점을 탐지할 수 있도록 돕는다^{[14],[15]}. 이러한 특성은 다중 경로 페이딩이나 주파수 오프셋 등에서 발생할 수 있는 오차를 줄이는 데 중요한 역할을 한다. Zadoff-Chu 시퀀스는 자기 상관 특성이 좋기 때문에 동기 신호 검출에 효과적이다. 또한, 주파수 영역에서 균일한 에너지 분포를 보여 신호의 탐색과 동기화에 적합한 것으로 알려져 있다. 본 원고에서는 이러한 Zadoff-Chu 시퀀스의 우수한 상관 특성을 활용하여 프리앰블을 구성하였으며, 이를 통해 수신 신호와 송신된 프리앰블 간의 상관 함수를 계산하여 동기 신호 검출을 수행한다. Zadoff-Chu 시퀀스는 다음과 같은 수식을 통해 생성된다.

$$x(n) = e^{-j\frac{\pi Kn(n+1)}{P}}, n=0,1,\dots,P-1 \quad (1)$$

여기서 P 는 시퀀스의 길이로, 소수를 사용하였고 K 는 시퀀스의 특성을 결정하는 생성자, n 은 시퀀스의 인덱스, j 는 허수이다. 여기서 K 와 P 는 서로소인 값으로, 본 원고에서는 $P-1$ 이하의 소수 집합에서 무작위로 선택된다.

Zadoff-Chu 시퀀스로 구성된 프리앰블 신호가 수신되면, 수신 신호와 송신된 Zadoff-Chu 시퀀스 사이의 상관 함수를 계산하여 이를 통해 동기 신호 검출을 수행한다. 이는 시퀀스의 특성을 이용해 신호의 유사성을 평가

하는 과정이다.

III. 한켈화 기반 전처리

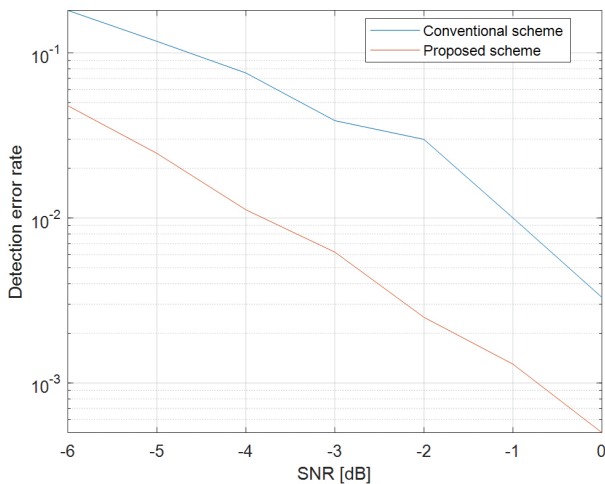
프리앰블 수신 신호와 Zadoff-Chu 시퀀스 간 상관함수 결과를 바로 인공 신경망의 입력으로 사용하는 대신, 본 원고에서는 상관함수의 역 푸리에 변환 결과를 이용하여 한켈 행렬을 구성하고, 이 행렬의 특이값 분해를 수행하여 얻은 특이값 벡터를 인공 신경망의 입력으로 사용하는 모델을 제안한다. 특이값 분해는 데이터의 주요 정보를 보존하면서 불필요한 잡음 성분을 효과적으로 제거하는 데 중요한 역할을 하고, 상관 함수의 역 푸리에 변환 결과를 행렬 구조로 표현하여 특이값 분해를 통해 신호의 특성을 추출한다.

〈그림 1〉은 본 원고에서 제안하는 한켈화 전처리를 이용한 인공 신경망 기반 동기 신호 검출 시스템의 블록 다이어그램이다. 상관함수의 역 푸리에 변환 결과는 상관 함수의 피크가 나타나는 위치에 해당하는 주파수를 갖는 큰 정현파가 생성되고, 나머지 위치에 해당하는 주파수들의 작은 정현파들이 생성되는 것으로 해석할 수 있다. 상관함수의 역 푸리에 변환 $x^{(i)}$ 는 한켈 행렬 $X^{(i)}$ 로 재구성되며 다음과 같이 주어진다.

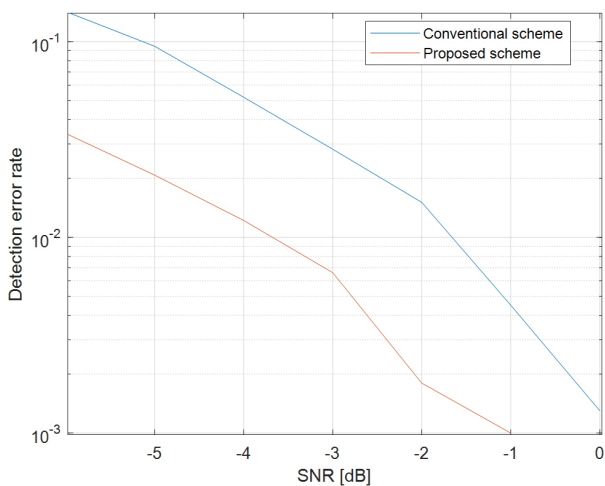
$$X[i,j] = x[i+j-1] \text{ for all } i,j \in \{1,2,\dots\}, \quad (2)$$

여기서 $X[i,j]$ 는 정보 행렬 X 의 i 번째 행과 j 번째 열 요소로 구성된다. 생성된 한켈 행렬인 $X^{(i)}$ 에 대해 특이값 분해를 수행하여 신호의 주성분을 추출하고 잡음의 영향을 줄이는 과정을 수행한다. 특이값은 데이터의 가장 중요한 부분인 피크의 특성을 반영하여, 이를 통해 신경망이 학습할 수 있는 입력 벡터가 생성된다. 마지막 단계에서는 특이값 벡터가 인공 신경망의 입력으로 사용되어, 신경망은 이 입력을 바탕으로 동기 신호의 존재 여부를 학습하고, 최종적으로 이진 분류를 통해 동기 신호가 존재하는지 여부를 출력한다. 동기 신호가 있는 경우 1, 동기 신호가 존재하지 않는 경우 0으로 출력하여, 검출 성능을 판단하는 지표가 된다.

본 원고에서 사용한 인공 신경망 모델은 12개의 뉴런을 갖는 은닉층이 2개로 구성되어 있다. 모델은 입력 데이터



〈그림 2〉 동기 신호 검출 오류 성능 결과 (P = 37)



〈그림 3〉 동기 신호 검출 오류 성능 결과 (P = 41)

의 특성을 학습하여 동기 신호 검출 여부를 이진 분류로 수행한다. 훈련 데이터는 상관 함수의 역 푸리에 변환으로부터 추출된 특이값 벡터와 신호 존재 여부로 구성되어 학습 과정에서 신호 대 잡음 비에 따른 다양한 조건의 데이터를 학습한다. 테스트 데이터는 훈련 데이터와 동일한 방식으로 생성되며, 훈련된 신경망 모델에 의해 신호 검출 여부를 예측한다.

IV. 시뮬레이션 결과

본 원고에서 제안한 한켈화 기반 전처리 기법의 성능을 평가하기 위해 모의 실험을 수행하였다. 신호 대 잡음 비

(SNR) $-6 \text{ dB} \sim 0 \text{ dB}$ 에서 각 SNR에 대해 10,000개의 훈련 데이터를 생성하였으며, 신호가 존재하는 경우와 존재하지 않는 경우를 무작위로 결정하여 인공 신경망 모델의 학습과 검증을 수행하였다.

다음 〈그림 2〉와 〈그림 3〉은 상관함수를 바로 인공 신경망의 입력으로 사용한 기존 방식과 제안한 한켈화 기반 전처리 기법을 이용한 방식의 동기 신호 검출 오류 성능을 비교한 그림이다. 〈그림 2〉는 시퀀스의 길이인 $P=37$ 인 경우, 〈그림 3〉은 $P=41$ 인 경우의 동기 신호 검출 오류 성능을 보여준다. 두 경우 모두 제안한 한켈화 기반 전처리 기법을 활용한 인공 신경망이 개선된 오류율을 나타냄을 확인할 수 있다. 특히, P 가 37인 경우 검출 오류율 10^{-2} 에 대해 제안한 한켈화 기반 전처리 기법이 대략 3 dB 개선된 성능을 보임을 확인할 수 있다.

V. 결론

본 원고에서는 무선 통신 시스템에서 동기 신호 검출 성능을 향상시키기 위해 한켈화 기반의 전처리 기법을 적용한 인공 신경망 모델을 제안하였다. 기존의 상관 함수 결과를 직접 신경망의 입력으로 사용하는 방식과 달리, 상관 함수의 역 푸리에 변환을 통해 한켈 행렬을 구성하고, 특이값 분해를 통해 신호의 주요 특성을 추출한 후, 이를 신경망의 입력으로 사용함으로써 성능을 개선하였다. 본 연구는 기존의 동기 신호 검출 방식에서 발생할 수 있는 잡음 문제와 신호 처리에 소요되는 시간을 최적화하여 새로운 방식으로 신호 검출 성능을 향상시켰다. 특히, 한켈화 기반 전처리 기법을 도입하여, 신호의 구조적 특성을 명확하게 제시하고, 이를 통해 인공 신경망이 더욱 효과적으로 학습할 수 있는 환경을 제공하였다. 이는 단순한 상관 함수 방식에 비해 잡음에 강인한 동기 신호 검출 성능을 발휘하도록 하였으며, 낮은 SNR에서도 기존 전처리가 없는 방식에 비해 우수한 성능을 나타냈다.

모의 실험 결과, 제안된 한켈화 기반 전처리 기법은 기존 방식 대비 동기 신호 검출 오류율을 낮추었으며, 시퀀스 길이가 37일 때 검출 오류율 10^{-2} 에 대해 제안한 한켈화 기반 전처리 기법이 대략 3 dB의 성능 개선을 제공

하였다. 결론적으로, 본 연구는 한켈화 전처리를 통한 인공 신경망 기반 동기 신호 검출 모델의 유효성을 시뮬레이션을 통해 확인하였다.

제안된 한켈화 기반 전처리 기법은 실제 무선 통신 시스템에서 실시간으로 동기 신호를 검출할 때 유용할 것으로 기대된다. 5G통신, 사물 인터넷 (IoT) 차세대 Wi-Fi 등의 무선 통신 시스템에서 중요한 동기화 기술로 활용될 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] S.-Y. Kim, S.-H. Yoon, and H.-I. Shin "Demonstration of Optimizing the CFAR Threshold for Development of GTMI System," Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, Vol. 21, No. 2, pp. 141-146, Apr. 2018.
- [2] Y.-J. Kong, S.-K. Woo, S. H. Park, S.-Y. Shin, Y.H. Jang, and E.J. Yang, "OS CFAR Computation Time Reduction Technique to Apply Radar System in Real Time," The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science, Vol. 29, No. 10, pp. 791-798, Oct. 2018.
- [3] G. V. Hansen and J. H. Sawyers, "Detectability loss due to 'greatest of' selection in a cell-averaging CFAR," IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst, vol. AES-16 No. 1, pp. 115-118, Jan. 1980.
- [4] G. V. Trunk, "Range resolution of targets using automatic detectors," IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst, Vol. AES-14, No. 5, pp. 750-755, Sept. 1978.
- [5] M. A. Richards, Fundamentals of Radar Signal Processing, McGraw-Hill Education, 2014.
- [6] J.-Y. Son, K.-T. Kim, K.-Y. Kim, O.-S. Shin, Y. Shin, and J.-H. Lee, "Performance analysis of DNN based acquisition scheme in chirp spread spectrum systems," in Proc. CEIC 2023, Jeju, Korea, Dec. 2023.
- [7] K.-Y. Kim, and Y. Shin, "Single linear Chirp-Based Communication-Like Jamming in Chirp Spread Spectrum Systems" The journal of korean institute of communication and information sciences, Vol. 44, No. 04, April. 2019.
- [8] W.-H. Lee, and M. Kim, "NsigNet: A Neural Network Design for Detecting the Number of Signals Under Sparse Observations" IEEE Trans. Commun., vol. 11, no. 6, pp. 1005-1015, Jun. 2002.
- [9] Y. Hua and T. K. Sarkar, "Matrix pencil method for estimation parameters of exponentially damped/undamped sinusoids in noise," IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, vol. 38, No. 5, pp. 814-824, May. 1990.
- [10] C. Eckart and G. Young, "The approximation of one matrix by another of lower rank," Psychometrika, Vol. 1, No. 3, pp. 211-218, 1936
- [11] J.-H. Kim, M. Ozger, and W.-H. Lee, "CR2Net: A Neural Network-Based Classifier for Rician and Rayleigh Channels via Hankelization," IEEE Commun. Lett., vol. 13, no. 5, pp. 1235-1239, May. 2024.
- [12] J.-H. Kim, D.-H. Kim, M. Ozger, and W.-H. Lee, "An NN-Aided Near-and-Far-Field Classifier via Channel Hankelization in XL-MIMO Systems" IEEE Access., vol. 12, pp. 41934-41941, Jan. 2024.
- [13] C. Li and W.Huang, "A constructive representation for the Fourier dual of the Zadoff-Chu sequences," IEEE Transactions on Information Theory, vol.53, no. 11, pp. 4221-4224, 2007
- [14] D.P. Taylor and R. Calderbank, "Zadoff-Chu sequences for synchronization," IEEE Transactions on information Theory, vol. 53, no. 2, pp. 1561-1574, Feb. 2007.
- [15] P.Fan and M.Darnell, Sequence Design for Communications Applications, John Wiley & Sons, 1996.



손 준 영

- 2019년 3월 ~ 2023년 2월 숭실대학교 전자정보공학부
공학사
- 2023년 3월 ~ 현재 숭실대학교 정보통신공학과
식사과정 재학

〈관심 분야〉

Signal Processing, Deep Learning, Wireless
Communication



이 종 호

- 1995년 3월 ~ 1999년 2월 서울대학교 전기공학부
공학사
- 1999년 3월 ~ 2001년 2월 서울대학교 전기·
컴퓨터공학부 공학석사
- 2001년 3월 ~ 2006년 2월 서울대학교 전기·
컴퓨터공학부 공학박사
- 2006년 3월 ~ 2008년 8월 삼성전자 통신연구소
책임연구원
- 2008년 9월 ~ 2009년 8월 Georgia Institute of
Technology, 박사후연구원
- 2009년 9월 ~ 2012년 2월 공주대학교
전기전자제어공학부 조교수
- 2012년 3월 ~ 2018년 8월 가천대학교 전자공학과
부교수
- 2018년 9월 ~ 현재 숭실대학교 전자정보공학부 교수

〈관심 분야〉

Wireless Communication, Signal Processing



한양대학교
이 채 은 교수

Q 교수님, 교수님의 간단한 경력 소개를 부탁드립니다.

저는 학사/석사를 컴퓨터공학으로 졸업한 후에 삼성전자 시스템LSI 사업부 디지털 TV 개발부서에서 4년간 칩 설계에 참여하였습니다. 그 후 다시 서울대 전기정보공학부에서 박사를 받았습니다.

Q 박사 전에 기업체에서 일하신 후, 박사를 받으신 특이한 이력을 갖고 계시네요?

석사 받고 회사 갔다가 왜 학교로 돌아왔냐는 질문은 학생들로부터 항상 받는 질문입니다.

Q 학생들은 취직이 1순위인데, 학생들이 선호하는 직장에 입사하셨다가 다시 나왔다고 하면 그 이유를 궁금해할 것 같습니다.

회사에 입사해서 처음 몇 년은 모르는 일 투성이고 모든 일이 다 새롭잖아요. 아무리 석사로 회사에 입사했다 해도, 회사 일은 연구와 다르니까요. 그래서 처음에는 재미있게 회사일을 배울 수가 있었는데, 몇 년 지나니까 그 일이 익숙해지는 거예요. 또 저는 석사 출신이었는데, 같은 부서의 박사 출신 선배가 더 중요한 업무를 하는 것처럼 느껴졌어요. 그래서 학교로 돌아와 박사를 받게 되었습니다.

**Q** 그럼 교수라는 직업을 생각하시고 학교로 돌아오신 것은 아니시네요?

네. 교수가 되고 싶어서 학교로 돌아온 것은 아닙니다. 박사 과정을 받는 동안은 진로를 결정하지 않았었는데, 박사 학위를 받을 즈음에 진로에 대해 다시 고민해 보았습니다. 논문 실적도 괜찮고 연구도 재미있어서 회사로 돌아가지 않고 학계에 남아도 괜찮겠다라는 생각을 했습니다. 하지만, 몇 번 시도해보고 교수 임용이 어렵다고 생각되었으면 나름 즐거운 마음으로 회사로 돌아갔을 것 같습니다.

Q 교수님이 산업체에 계실 때 개발했던 프로젝트가 제품으로 출시된 적이 있으신지요?

회사 다닐 때 디지털TV에 들어가는 칩을 개발했을 때 기분이 좋긴 했죠. 당시 삼성전자에서 가장 큰 규모의 SoC이기도 해서 우리 프로젝트는 팀의 자랑이었습니다. 그런데 팀 단위로 일하니까, 제품이 나와도 어디에도 제 이름은 없지요. 그러다 보니 집에 와서 엄마한테만 말하는 거예요. 아니면 친구들한테나 저 TV에 내가 개발한 칩이 들어 있다라고 말하고 마는거죠. 확실히 대학에서 제 이름을 걸고 나온 연구 성과물보다는 자부심이 낮은 것 같아요.

Q 교수님은 학계와 산업계를 모두 경험해 보셨는데 두 곳의 차이점은 무엇일까요? 혹은, 두 곳에서는 각기 어떤 능력이나 역량이 필요하다고 생각하시는지요?

제가 회사를 다닐 때에는 일찍 일어나는 역량이 가장 필요했다고 생각합니다 (웃음). 회사에 8시까지 출근해야 했는데, 저는 그 역량이 부족했습니다. 만일 그때 자율 출근제도가 있었으면 회사를 관두지 않았을 수도 있습니다. 그리고 학계와 산업계의 차이는 내 이름이 드러나느냐 아니냐 인 것 같습니다. 따라서 학계에서 필요한 역량은 내 이름에 책임을 져야 하는 모든 것이라고 생각합니다. 즉, 새로운 연구 주제를 찾는 것도 남이 정해주는 것이 아니라 내가 정해야 하고, 학생들 가르치는 것도 내가 강의를 하는 것이고, 연구 지도도 내가 지도교수가 되는 것이지요. 이렇게 그 이름에 책임을 지려면 무엇인가 해야 할 것이 많지요. 물론 힘든 것을 감히 비교할 수는 없겠지만, 업무 성격적으로 봤을 때, 대학교수는 중소기업사장이랑 비슷한 느낌이라고 생각합니다.

Q 홈페이지에서 교수님의 전문분야를 보면, '온디바이스 딥러닝 가속기, 실감미디어(AR/VR/MR), 딥러닝 경량화'로 소개가 되어 있습니다. 왜 이런 연구분야를 선택하신 것인지요?

제가 할 수 있는 것을 선택한 것입니다. 주제가 다양해 보이지만, 제가 그간 했던 일들과 연계되어 있습니다. 회사에서는 TV 즉 비디오 처리를 위한 칩 설계를 하고, 박사 과정 때는 영상 압축을 위한 하드웨어를 설계 했는데요. 영상 압축은 표준화를 중심으로 기술이 개발되고 학교에서 구현을 하기에는 스케일이 너무 커져서 연구가 활발히 진행되고 있지는 않습니다. 따라서 비디오와 연계되어 있는 도전적인 주제를 찾다 보니, 실감미디어 연구를 시작하게 되었습니다. 더불어 최근 영상 처리는 딥러닝을 떼 놓고는 생각할 수 없다 보니 딥러닝까지 연구를 확대하게 되었습니다. 그리고 제가 회사를 다니기도 했지만, 석박사 지도교수님이 이론적인 연구 보다는 실제 산업계에서 사용가능한 실용 기술을 연구하기를 희망하셨습니다. 저도 이론적인 학문 보다는 이런 연구 주제를 좋아해서 제 연구 분야도 실제 응용기술에 가까운 주제들을 선택하게 되었습니다.

Q 그렇다면 교수님 연구실로 진학을 희망하는 학생들은 학부 과정 동안 반드시 갖추어야 할 기초 지식이나 필수 수강해야 되는 과목들이 있을까요?

컴퓨터 구조와 영상 처리, 디지털 시스템 설계 과목 등이 중요하다고 생각합니다.

Q 그럼 교수님 연구실에서는 하드웨어와 소프트웨어, 둘 다를 배울 수 있는 연구실인지요?

네. 예를 들어 학생이 하드웨어에 관심이 없이 ‘나는 소프트웨어 해야지’ 하고 연구실에 들어왔는데, 하드웨어 설계를 하는 학생도 있습니다. 디지털 하드웨어 설계는 접근성이 좋기 때문에 학생이 하드웨어에 대한 기본 지식이 있고 또 의지만 있다면 충분히 하드웨어 설계를 할 수 있거든요. 반면, 반도체 회사를 가기 위해서 ‘나는 반도체 해야지’ 라고 연구실에 들어온 학생이 막상 연구를 해보니 소프트웨어 경량화가 더 좋아서 모델 경량화로 논문을 쓰는 경우도 있었습니다.

Q 교수님은 학생이 원하는 연구주제를 학생에게 주는 스타일이신지요?

연구실 주제가 다양하니까 되도록이면 학생이 원하는 주제로 연구를 하도록 지도합니다.

Q 교수님은 연구실 학생들을 선발하실 때, 경진대회나 공모전, 인턴십 프로그램에 참여한 경험이 많은 학생들을 선호하시는지요?

저는 그런 것 보다는 저희 연구실에서 학부 연구생으로 인턴을 한 경험이 있는지를 더 중요하게 생각하는 것 같습니다. 연구실에서도 학부 연구생에게 유료 및 무료 강의 동영상 또는 학생들끼리 스터디를 통해 연구에 필요한 지식을 쌓을 수 있는 교육의 기회를 제공하거든요.

Q 요새 전자공학 분야의 여학생 비중이 교수님의 학창 시절에 비하면 어떤 것 같으세요?

많이 늘어난 것 같아요. 저는 학사가 컴퓨터공학과였기 때문에 그래도 10% 정도는 여학생이었는데, 전자과쪽은 그 당시 1-2% 정도였던 것 같습니다. 그런데 최근에는 20-30% 정도로 여학생 숫자가 늘어난 것 같습니다.





Q 교수님이 강의하실 때, 여학생들을 보면 남학생들과는 조금은 다른 느낌이 들 것 같습니다. 그런 학생들에게 혹시 전하고 싶은 이야기가 있으실까요?

학생을 대할 때 성별에 따라 제 마음가짐이 크게 달라지지는 않습니다. 단지, 여학생들을 조금은 응원해 주고 싶은 마음은 듭니다. 아무래도 이쪽 분야에서 여학생은 숫자가 적기 때문에 마이너 그룹입니다. 마이너는 출발선부터 다르기 때문에 힘듭니다. 사람들이 공정하다고 생각하는 환경, 예를 들어 수업 시간에도, 연구실 생활에서도 마이너라는 이유만으로 분명히 힘들 수 있습니다. 사실 따지고 보면 굉장히 작은 일들이지만, 그런 일들로 마음이 불편할 수 있거든요. 제가 그것을 알기 때문에 조금은 여학생들에게 마음이 더 쓰입니다.

Q 교수님이 연구자로서 연구를 열심히 하시지만, 그만큼 리프레쉬도 중요할텐데, 취미는 무엇인지요?

저는 취미가 없어요. 사실 저는 잠이 많기 때문에 잠을 자는 것이 리프레쉬입니다. 어떻게 보면 연구하고 잠자는 시간을 제외하고 나면 취미를 가질 시간이 없네요. 저는 수면 자부심이 있습니다(웃음). 긴 시간을 자도 굉장히 숙면을 취하는 스타일인데, 잠이 부족하면 다른 사람이 됩니다. 큰 일이 납니다.

Q 교수님은 현재 즐거운 삶을 살고 계신지요? 왠지 연구를 가장 재미있게 생각하실 것 같습니다.

저는 제 삶에 만족하고 있습니다. 제 일이 있다는 것도 좋고, 딸과 남편이라는 가족이 있다는 것이 제 삶을 즐겁게 하는 것 같습니다.

Q 그렇다면 교수로서의 목표는 무엇인지요?

목표는 크죠. 항상 현재의 지금보다 더 나아지고 싶은 것입니다. 그런데 '나의 한계를 깨고, 큰 성과를 내고 싶다'라는 생각은 항상 가지고는 있는데, 막상 현실의 저는 한계를 깨는 준비만 하고 있다는 생각이 듭니다. 한살 한살 나이가 들어가고 있는데, 아직도 저는 저의 한계를 깨고 점프를 했다는 생각이 들지를 않습니다. 그래서 이렇게 계속 준비만 하다가 점프를 못하고 연구를 끝내게 되는 것이 아닐까라는 두려운 생각은 있습니다. 어쨌건, 나의 능력을 잘 준비해서 응집시켰다 폭발 시킬 수 있는 기회를 찾고 싶어요. 지금까지 못했던 일을 해내고 싶다는 생각은 늘 가지고 있습니다.

Q 그럼 지금까지 살아오면서 교수님이 만족할만한 성과를 낸 적이 없으신 건가요?

그런 느낌을 지금까지 가진 적이 많이는 없어요. 그래서 어떤 일을 해야 제가 만족할 수 있는지를 지금도 찾고 있습니다. 제가 좋은 논문을 많이 써야 그런 느낌을 가질지, 아니면 산업체와 공동 연구한 성과가 제품으로 나와서 큰 히트 상품이 되어 그런 느낌을 가질지 아직은 길을 더 많이 찾아봐야 할 것 같습니다.

Q 혹시 교수님이 어느정도 연구 성과를 이루셨기 때문에 그런 생각을 가지게 되신 것 아닐까요?

저는 제가 하고 있는 연구를 잘하고 싶은 마음은 어릴 때나 지금이나 변함이 없습니다. 그래서 제 연구 결과로 내 자신이 자랑스러운 그런 기분을 맛보고 싶은데, 아직은 그런 기분이 들지는 않네요. 지금까지의 연구 성과로는 부족해요.

Q 어쩌면 교수님의 그런 마음가짐이 교수님이 앞으로 계속 나아가게 하는 원동력이 되지 않을까요?

그렇겠죠. 항상 부족하다고 느끼면서 연구를 하고 있으니까요.

Q 이제 마지막 질문이 될 것 같은데, 교수님 연구실 자량을 하나 해주신다면 무엇이 있을까요?

제가 연구실 학생들을 처음 만났을 때, 대부분 학생들에게 느낀 점 중에 하나가 학생들이 소심하다는 것이었습니다. 왜 인지는 모르겠으나, 조금 위축되어 있다는 느낌을 받았습니다. 그래서 학생들의 자존감이나 자신감을 높여주고 싶었어요. 그래서 연구실에 들어오면 신입생들의 프로필 사진을 찍어주기 시작했더니 연구실 분위기가 굉장히 좋아졌어요. 학생들이 굉장히 좋아해요. 아무래도 신입생들이나 학부 연구생들이 모여서 사진을 찍다보면 서로 친해지기도 하고요.

Q 학생들의 자존감을 높여주기 위해서 여러 방법이 있었을 텐데, 프로필 사진을 선택하신 이유는 무엇이었는지요?

어떤 방법이 좋을지 굉장히 고민을 많이 했어요. 한때, 연구실에서 많은 학생이 동시에 졸업해 나가면서 북적북적 하던 연구실에 학생이 가장 적었던 시절이 있었어요. 연구실 학생도 3-4명 밖에 없고 하다보니 학생 숫자가 적어서 그런가 학생들이 기가 죽은 것 같은 느낌이 드는 거예요. 그래서 학생들도 그렇고 저도 그렇고 뭔가 분위기를 띄우기 위한 방법을 찾아야 했어요. 연구실용 단체 머그컵을 만들까라는 생각도 하고, 이런 저런 시도도 많이 하다가 프로필 사진을 찍게 되었는데, 학생들의 반응이 너무 좋았어요. 제가 프로필 사진 덕을 많이 보게 되었지요 (웃음).





이 채 은

SYDLAB

Home

People

Research

Publications

Blog



Simply Wonderful Things
That Only Happen at **SYDLAB**

Q 교수님, 긴 시간 인터뷰 해 주셔서 감사드립니다. 교수님의 진솔한 이야기를 많이 들을 수 있는 소중한 인터뷰였습니다. 앞으로 교수님이 진행하시는 연구에 좋은 성과를 얻으셔서 연구에 대한 막마름을 해소할 수 있는 짜릿한 성취감을 언젠가는 꼭 느끼시기를 바라겠습니다.

네, 감사합니다.

반도체 분야

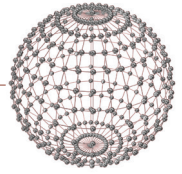
[반도체 분야 특집논문]

- 비대면 자동결제 시스템을 위한 CNN 기반 객체 검출기의 고처리량 및 전력 효율적인 FPGA 구현
황인성, 이해인, 김현
- 단일 종단 송신기를 위한 저전력 피드포워드 이퀄라이저
박강인, 이준민, 정용운
- 메모리 중심 컴퓨팅 기반의 차선 검출/분류 설계와 전방 차량 탐지 통합 시스템
유습바에브 보보혼, 위커, 백장우, 최준림
- 28nm CMOS 공정을 이용한 양자컴퓨팅을 위한 극저온 CMOS 저잡음증폭기 ·
장웅주, 이채준, 김준형, 장태환
- WiFi용 PA 전력 효율 개선을 위한 DCM mode APT Buck Converter
배재홍, 윤성준, 명주연, 김민주, 김정훈, 백지선
- 초저전력 1 Gbps 진폭 변조를 이용한 초광대역 CMOS 송신기
이근행
- 5.8 GHz 무선 전력 전송을 위한 부트스트랩 기술을 적용한 CMOS 정류기 설계
채홍, 합사 아올리아 아자하라, 안현식, 김주성
- FD-SOI 공정을 이용한 Ka 대역 저잡음 증폭기
이정로, 이승찬

산업전자 분야

[산업전자 분야 특집논문]

- Al₂O₃ 실란 형성에 따른 특성 분석
김한별, 김영곤
- 딥러닝 기반의 미세 검출이 가능한 Strip 자재 PAD의 3차원 위치 검출
고정환, 김솔찬
- 포장 박스 핸들러 제작 장치
권윤중
- 5G 통신환경에서의 성능향상을 위한 Advanced MIMO 시스템
안성수, 윤대열



- 잔차블록을 적용한 향상된 ResNet VAE-GAN 3D 객체 생성 시스템
박세영, 안성수, 이정석, 윤대열
- 컴퓨터 생성 홀로그램 기반의 문서보안 패턴 암호화 및 복호화를 위한 Pre-training De-noise CNN 기법
고철영, 황이환
- 홀로그램 기록결과물의 품질 평가를 위한 CNN 모델 설계 ·
고철영, 황이환
- 온라인 언론에서 나타난 사물 인터넷: 의미 연결망 분석을 중심으로
송종휘, 서병석
- 디지털 트윈 환경에서 의료기기 사이버 보안 평가를 위한 요구사항 설계에 관한 연구
서병석, 구지현, 손선영, 고광만

[일반논문]

- 평활화를 적용한 FFT 스펙트럼 검출기의 신호 탐지 성능 분석
권순영, 김호재, 박지훈, 류지연, 김호준, 김형남
- Dynamic Branch Prediction 기반의 32-Bit RISC-V RV32IM 프로세서 설계 및 구현
박수빈, 김용우
- 추론속도 향상을 위한 확장가능 멀티칩 CNN 가속기 설계 및 뉴럴네트워크 분할 기법
박기태, 박상보, Hayot Aliev, 김형원
- DCM: 단안 카메라를 이용한 싱글 이미지에서 정교한 깊이 추정을 위한 Bins 최적화 모듈
이창엽, 김동주, 서영주, 황도경
- 음향 이벤트 검출을 위한 다중 분해능 자가집중 기반 동적 주파수 컨볼루션 신경망 ·
이찬규, 박상욱
- 다중 가지 컨볼루션 뉴럴 네트워크를 사용한 다중 센서 전자코 기반 마약 가스 탐지
이호중, 박현돌, 김도현, 최재훈, 이종석
- 정현파 활성화 함수를 활용한 지도학습 Autoencoder 기반 초음파 거리측정 시스템
노은태, 고진환
- 전기 화재 예방을 위한 주파수 감지 회로 설계
이태현

국 내 외 학 술 행 사 안 내

국·내외에서 개최되는 각종 학술대회/전시회를 소개합니다.
 게재를 희망하시는 분은 간략한 학술대회 정보를 이메일로 보내주시면 게재하겠습니다.
 연락처: ieie@theieie.org

>>2024년 11월

일자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
11.02. - 11.08.	2024 IEEE International Test Conference (ITC)	San Diego, California, USA	https://www.itctestweek.org/
11.02. - 11.06.	2024 57th IEEE/ACM International Symposium on Microarchitecture (MICRO)	Austin, Texas, USA	https://microarch.org/micro57/
11.02. - 11.03.	2024 IEEE International Conference on Intelligent Systems, Smart and Green Technologies (ICISSGT)	Vssakhatnam, India	https://r10.ieee.org/vizagbay/icissgt-2023/
11.02. - 11.05.	2024 Asia Communications and Photonics Conference (ACP) and International Conference on Information Photonics and Optical Communications (IPOC)	Beijing, China	https://acpconf.com/
11.03. - 11.06.	IECON 2024 - 50th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society	Chicago, Illinois, USA	https://www.iecon-2024.org/
11.03. - 11.05.	2024 International Conference of the African Federation of Operational Research Societies (AFROS)	Tlmcen, Algeria	https://afros2024.com/
11.03. - 11.06.	2024 IEEE 11th International Conference on E-Learning in Industrial Electronics (ICELIE)	Chicago, Illinois, USA	https://icelie.org/
11.03. - 11.06.	2024 IEEE 42nd IEEE International Conference on Computer Design (ICCD)	Milan, Italy	http://www.iccd-conf.com/Home.html
11.03. - 11.05.	2024 4th International Conference on Embedded & Distributed Systems (EDIS)	BECHAR, Algeria	https://www.univ-oran1.dz/edis24/
11.04. - 11.05.	2024 IEEE Industrial Electronics and Applications Conference (IEACon)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://attend.ieee.org/ieacon-2024/
11.04. - 11.06.	2024 IEEE Workshop on Signal Processing Systems (SiPS)	Cambridge, Massachusetts, USA	https://ieee-sips.org/
11.04. - 11.05.	2024 IEEE International Conference on Power and Energy (PECon)	Kuala Lumpur, Malaysia	https://attend.ieee.org/pecon-2024/
11.04. - 11.06.	2024 IEEE International Conference on Power System Technology (PowerCon)	Kathmandu, Nepal	https://attend.ieee.org/powercon-2024/
11.04. - 11.06.	2024 IEEE International Conference on Technology Management, Operations and Decisions (ICTMOD)	Sharjah, United Arab Emirates	http://ictmod-conference.com/
11.04. - 12.05.	2024 IEEE Online Forum on Climate Change Technologies (OFCCT)	Virtual	https://ieee-ofcct.org/
11.04. - 11.06.	2024 4th International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering (ICECCME)	Male, Maldives	https://www.iceccme.com/
11.04. - 11.06.	2024 IEEE 11th Workshop on Wide Bandgap Power Devices & Applications (WIPDA)	Dayton, Ohio, USA	https://wipda.org/
11.05. - 11.07.	2024 3rd International Conference on Advanced Electrical Engineering (ICAEE)	Sidi-Bel-Abbes, Algeria	https://www.aagee.dz/icaee2024/index.php
11.05. - 11.07.	2024 IEEE Conference on Network Function Virtualization and Software Defined Networks (NFV-SDN)	Natal, Brazil	https://nfvsdn2024.ieee-nfvsdn.org/
11.05. - 11.08.	2024 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP)	Incheon, Korea (South)	http://www.isap2024.org/index.php
11.05. - 11.07.	2024 IEEE 29th Asia Pacific Conference on Communications (APCC)	BALI, Indonesia	https://apcc2024.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
11.06. - 11.08.	2024 IEEE Latin-American Conference on Communications (LATINCOM)	Medellin, Colombia	https://latincom2024.ieee-latincom.org/
11.06. - 11.08.	2024 XV International Symposium on Industrial Electronics and Applications (INDEL)	Banja Luka, Bosnia and Herzegovina	http://indel.etfbl.net/
11.06. - 11.07.	2024 2nd International Conference on Recent Advances in Information Technology for Sustainable Development (ICRAIS)	Manipal, India	https://conference.manipal.edu/ICRAIS2024/
11.06. - 11.07.	2024 1st International Conference on Cyber Security and Computing (CyberComp)	Melaka, Malaysia	https://cybercomp.uthm.edu.my/
11.06. - 11.08.	2024 IEEE XXXI International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON)	Lima, Peru	http://www.intercon.org.pe/
11.06. - 11.08.	2024 28th International Computer Science and Engineering Conference (ICSEC)	Khon Kaen, Thailand	http://icsec2024.org/
11.06. - 11.09.	2024 2nd Power Electronics and Power System Conference (PEPSC)	Singapore, Singapore	https://pepsc.org/
11.06. - 11.08.	2024 IEEE 7th Student Conference on Electric Machines and Systems (SCEMS)	Macao, Macao	http://scems2024.com/
11.06. - 11.08.	2024 11th International Conference on Advances in Computing and Communications (ICACC)	Kochi, India	https://acc-rajagiri.org/acc2024/Index.asp
11.06. - 11.08.	2024 21st International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)	Paris, France	https://ithet.net/
11.06. - 11.07.	2024 IEEE 3rd International Conference on Cognitive aspects of Virtual Reality (CVR)	Debrecen, Hungary	https://scitope.com/cvr24/
11.06. - 11.08.	2024 8th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)	Coimbatore, India	http://icoeca.org/
11.06. - 11.08.	2024 7th Iberian Robotics Conference (ROBOT)	Madrid, Spain	https://eventos.upm.es/109808/detail/robot-2024-.html
11.07. - 11.09.	2024 IEEE Women in Engineering (WIE) Forum USA East	Stamford, Connecticut, USA	https://attend.ieee.org/wie-forum-usa-east-2024/
11.07. - 11.09.	2024 8th International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT)	Ankara, Turkiye	http://www.ismsitconf.org/
11.07. - 11.09.	2024 IEEE Asia Pacific Conference on Circuits and Systems (APCCAS)	Taipei, Taiwan	https://apccas2024.org/
11.07. - 11.08.	2024 International Symposium on Electronics and Telecommunications (ISETC)	Timisoara, Romania	https://isetc.upt.ro/
11.08. - 11.12.	2024 International Conference on Cyber-Physical Social Intelligence (ICCSI)	Doha, Qatar	http://agist.org/ccsi2024/
11.08. - 11.10.	2024 IEEE International Conference on Electrical Energy Conversion Systems and Control: IEEESC	Hainan, China	https://conferences.koushare.com/IEECSC
11.08. - 11.10.	2024 IEEE Region 4 Nexus	Milwaukee, Wisconsin, USA	https://site.ieee.org/r4-nexus/
11.08. - 11.10.	2024 4th International Conference on Computer Science, Electronic Information Engineering and Intelligent Control Technology (CEI)	Guangzhou, China	http://www.ic-cei.org/
11.08. - 11.09.	2024 3rd Odisha International Conference on Electrical Power Engineering, Communication and Computing Technology (ODICON)	Bhubaneswar, India	http://odicon.in/
11.09. - 11.13.	2024 Joint 13th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 25th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (SCIS&ISIS)	9 - 13 November 2024	http://soft-cr.org/scis/2024/index.html
11.09. - 11.13.	2024 13th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)	Nagasaki, Japan	http://www.icrera.org/index.php?id=main
11.09. - 11.10.	2024 Ninth International Conference On Mobile And Secure Services (MobiSecServ)	Miami Beach, Florida, USA	https://mobisecserv.dnac.org/
11.10. - 11.14.	2024 IEEE Photonics Conference (IPC)	Rome, Italy	https://ieee-ipc.org/
11.10. - 11.13.	2024 IEEE 10th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)	Ottawa, Ontario, Canada	https://wfot2024.iot.ieee.org/
11.10. - 11.13.	2024 7th International Conference on Electric Power Equipment - Switching Technology (ICEPE-ST)	Xiamen, China	http://www.icepe2024.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
11.10. - 11.13.	2024 IEEE EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics (BHI)	Houston, Texas, USA	https://bhi.embs.org/2024/
11.10. - 11.13.	2024 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT Asia)	Bangalore, India	https://ieee-isgt-asia.org/
11.11. - 11.13.	2024 SBFoton International Optics and Photonics Conference (SBFoton IOPC)	Salvador, Brazil	https://www.sbfoton.org.br/
11.11. - 11.13.	2024 IEEE PES Generation, Transmission and Distribution Latin America Conference and Industrial Exposition (GTDLA)	Ixtapa, Mexico	http://gtdla-ropec24.iesesco.org/
11.11. - 11.14.	2024 World Conference on Complex Systems (WCCS)	Mohammedia, Morocco	https://mscomplexsystems.org/wccs24/
11.11. - 11.14.	2024 Brazilian Symposium on Robotics (SBR), and 2024 Workshop on Robotics in Education (WRE)	Goiania, Brazil	http://natalnet.br/sbr2024/
11.12. - 11.13.	2024 IEEE 5th Women in Technology Conference (WINTECHCON)	Bengaluru, India	http://www.wintechcon.com/
11.12. - 11.13.	2024 International Conference on Radar, Antenna, Microwave, Electronics, and Telecommunications (ICRAMET)	Virtual	https://conference.brin.go.id/icramet2024/
11.12. - 11.14.	2024 IEEE International Conference on Industrial Systems and Processes (SPIn)	Khouribga, Morocco	https://spin24.sciencesconf.org/
11.12. - 11.14.	2024 7th International Conference on Electric Power and Energy Conversion Systems (EPECS)	Sharjah, United Arab Emirates	https://www.epecs-conf.org/
11.13. - 11.15.	2024 IEEE 17th International Scientific Conference on Informatics (Informatics)	Poprad, Slovakia	https://informatics.kpi.fei.tuke.sk/
11.13. - 11.15.	2024 IEEE Latin American Conference on Computational Intelligence (LA-CCI)	Bogota D.C., Colombia	https://ieee.org.co/la-cci2024/
11.13. - 11.14.	2024 IEEE MetroCon	Hurst, Texas, USA	https://www.metrocon.org/2024/
11.13. - 11.15.	2024 39th Conference on Design of Circuits and Integrated Systems (DCIS)	Catania, Italy	https://www.dcis2024.org/
11.13. - 11.15.	2024 4th International Conference on Technological Advancements in Computational Sciences (ICTACS)	Tashkent, Uzbekistan	https://amity.edu/ICTACS2024/
11.13. - 11.15.	2024 IEEE 29th Pacific Rim International Symposium on Dependable Computing (PRDC)	Osaka, Japan	http://prdc.dependability.org/PRDC2024/
11.13. - 11.15.	2024 IEEE CPMT Symposium Japan (ICSJ)	Kyoto, Japan	http://www.ieee-csj.org/
11.13. - 11.14.	2024 International Mobile, Intelligent, and Ubiquitous Computing Conference (MIUCC)	Cairo, Egypt	http://miucc.miuegypt.edu.eg/
11.14. - 11.15.	2024 8th International Conference on Information Technology (InCIT)	Chonburi, Thailand	https://citt.or.th/incit2024/
11.14. - 11.16.	2024 IEEE International Conference on Smart Internet of Things (SmartIoT)	Shenzhen, China	https://ieee-smartiot.org/
11.15. - 11.17.	2024 IEEE 3rd International Conference on Problems of Informatics, Electronics and Radio Engineering (PIERE)	Novosibirsk, Russia	https://piere.ieeesiberia.org/
11.15. - 11.17.	2024 IEEE International Conference on Medical Artificial Intelligence (MedAI)	Chongqing, China	http://www.bigdatacq.cn/2024MedAI.html
11.15. - 11.16.	2024 Second International Conference Computational and Characterization Techniques in Engineering & Sciences (IC3TES)	Lucknow, India	http://www.cctes.iul.ac.in/
11.15. - 11.17.	2024 3rd Asia Power and Electrical Technology Conference (APET)	Fuzhou, China	https://www.apet.net/index.html
11.16. - 11.17.	2024 IEEE Conference on Telepresence	Pasadena, California, USA	https://ieee-telepresence.org/
11.17. - 11.20.	2024 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC)	Ball, Indonesia	https://apmc2024.org/
11.17. - 11.22.	SC24: International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis	Atlanta, Georgia, USA	https://sc24.supercomputing.org/
11.17. - 11.20.	2024 IEEE Middle East Conference on Communications and Networking (MECOM)	Abu Dhabi, United Arab Emirates	https://mecom2024.ieee-mecom.org/
11.17. - 11.22.	2024 IEEE/ACM International Conference Workshops on SC (SC Workshops)	Atlanta, Georgia, USA	https://sc24.supercomputing.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
11.18. - 11.20.	2024 IEEE International Conference on E-health Networking, Application & Services (HealthCom)	Nara, Japan	https://healthcom2024.ieee-healthcom.org/
11.18. - 11.20.	2024 21st International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (ICINCO)	Porto, Portugal	https://icinco.scitevents.org/
11.18. - 11.20.	2024 31st IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems (ICECS)	Nancy, France	http://ieee-icecs2024.org/
11.18. - 11.20.	2024 5th International Conference on Data Intelligence and Cognitive Informatics (ICDICI)	Tirunelveli, India	http://www.icdici.com/
11.18. - 11.20.	2024 International Conference on Information and Communication Technology for Development for Africa (ICT4DA)	Bahir Dar, Ethiopia	https://ict4daconf.org/
11.18. - 11.20.	2024 IEEE URUCON	Montevideo, Uruguay	http://urucon2024.org/
11.18. - 11.21.	2024 IEEE Asian Solid-State Circuits Conference (A-SSCC)	Hiroshima, Japan	https://a-sscc2024.org/
11.18. - 11.20.	2024 IEEE Design Methodologies Conference (DMC)	Grenoble, France	https://attend.ieee.org/dmc-2024/
11.19. - 11.21.	2024 IEEE 24th International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI)	Budapest, Hungary	https://conf.uni-obuda.hu/cinti2024/
11.19. - 11.20.	2024 19th International Conference on Emerging Technologies (ICET)	Topi, Pakistan	http://www.icet.org.pk/2024/
11.19. - 11.20.	2024 IEEE 7th International Conference on Electrical, Electronics and System Engineering (ICEESE)	Kanazawa, Japan	https://enter.uitm.edu.my/iceese/
11.19. - 11.20.	2024 IEEE 13th International Conference on Engineering Education (ICEED)	Kanazawa, Japan	https://enter.uitm.edu.my/iceed/
11.19. - 11.21.	2024 9th IEEE Workshop on the Electronic Grid (eGRID)	Santa Fe, New Mexico, USA	https://2024.ieee-egrid.org/
11.20. - 11.22.	2024 5th International Conference on Communications, Information, Electronic and Energy Systems (CIEES)	Veliko Tarnovo, Bulgaria	https://ciees.eu/
11.20. - 11.22.	2024 IEEE International Conference on Cyborg and Bionic Systems (CBS)	Nagoya, Japan	https://cbs-2024.com/
11.20. - 11.22.	2024 8th International Conference on System Reliability and Safety (ICSRS)	Sicily, Italy	https://www.icsrs.org/
11.20. - 11.23.	2024 IEEE 9th International Conference on Engineering Technologies and Applied Sciences (ICETAS)	Bahrain, Bahrain	https://icetas.etssm.org/
11.20. - 11.22.	2024 22nd International Conference on ICT and Knowledge Engineering (ICT&KE)	Bangkok, Thailand	https://www.ict-ke.org/
11.20. - 11.22.	2024 IEEE 34th Australasian Universities Power Engineering Conference (AUPEC)	Sydney, Australia	https://attend.ieee.org/aupec/
11.20. - 11.23.	2024 IEEE International Conference on Future Machine Learning and Data Science (FMLDS)	Sydney, Australia	http://www.fmlds.org/Home.aspx
11.21. - 11.23.	2024 9th International Conference on Intelligent Informatics and Biomedical Sciences (ICIIBMS)	Okinawa, Japan	http://www.iciibms.org/
11.21. - 11.22.	2024 International Conference on Recent Advances in Science and Engineering Technology (ICRASET)	B G Nagara, Mandya, India	http://www.bgsiticraset23.com/
11.21. - 11.23.	2024 International Conference on Big Data Analytics in Bioinformatics (DABCon)	Kolkata, India	https://www.nit.ac.in/dabcon/
11.21. - 11.23.	2024 2nd International Conference on Advancements and Key Challenges in Green Energy and Computing (AKGEC)	Ghaziabad, India	https://enconf.akgec.ac.in/
11.21. - 11.22.	2024 32nd National Conference with International Participation (TELECOM)	Sofia, Bulgaria	http://e-university.tu-sofia.bg/e-conf/?konf=37
11.22. - 11.24.	2024 IEEE 7th International Conference on Condition Assessment Techniques in Electrical Systems (CATCON)	Kolkata, India	https://www.catcon2024.com/
11.22. - 11.24.	2024 IEEE International Conference on Progress in Informatics and Computing (PIC)	Shanghai, China	http://www.picconf.com/
11.22. - 11.23.	2024 4th International Conference on Advancement in Electronics & Communication Engineering (AECE)	GHAZIABAD, India	https://aece2024.rkgitedu.in/
11.22. - 11.24.	2024 IEEE-RAS 23rd International Conference on Humanoid Robots (Humanoids)	Nancy, France	https://2024.ieee-humanoids.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
11.22. - 11.24.	2024 International Conference on Image Processing, Computer Vision and Machine Learning (ICICML)	Shenzhen, China	http://www.icicml.org/
11.22. - 11.23.	2024 International Conference on Emerging Technologies and Innovation for Sustainability (EmergIN)	Greater Noida, India	https://www.niet.co.in/IEEE-Conference.php
11.22. - 11.24.	2024 IEEE 4th International Conference on Data Science and Computer Application (ICDSCA)	Dalian, China	http://www.icdsca.net/
11.22. - 11.24.	2024 IEEE International Performance, Computing, and Communications Conference (IPCCC)	Orlando, Florida, USA	https://www.ipccc.org/
11.22. - 11.23.	2024 International Conference on Advances in Computing, Communication and Materials (ICACCM)	Dehradun, India	https://www.icaccm2024.com/
11.23. - 11.25.	2024 International Conference on Intelligent Computing and Emerging Communication Technologies (ICEC)	Guntur, India	https://iceconf.org/
11.23. - 11.24.	2024 IEEE International Conference of Electron Devices Society Kolkata Chapter (EDKCON)	Kolkata, India	https://r10.ieee.org/kolkata-eds/blog/2023/10/20/edkcon-2024/
11.23.	2024 6th International Conference on Electrical, Control and Instrumentation Engineering (ICECIE)	Pattaya, Thailand	https://2024.icecie.com/
11.23. - 11.24.	2024 International Conference on IoT, Communication and Automation Technology (ICICAT)	Gorakhpur, India	http://www.bit.ac.in/Con-Index.aspx
11.24. - 11.28.	2024 IEEE Information Theory Workshop (ITW)	Shenzhen, China	http://ieee-itw2024.org/
11.24. - 11.27.	2024 IEEE Sustainable Power and Energy Conference (ISPEC)	Kuching, Sarawak, Malaysia	https://attend.ieee.org/ispec-2024/
11.25.	2024 Cyber Research Conference - Ireland (Cyber-RCI)	Carlow, Ireland	https://cyber-rci.com/2024/
11.26. - 11.29.	2024 6th International Conference on Blockchain Computing and Applications (BCCA)	Dubai, United Arab Emirates	https://bcc-conference.org/2024/
11.26. - 11.29.	2024 2nd International Conference on Intelligent Metaverse Technologies & Applications (IMETA)	Dubai, United Arab Emirates	https://imeta-conference.org/2024/
11.26. - 11.30.	2024 International Conference on Advanced Mechatronic Systems (ICAMechS)	Kusatsu, Shiga, Japan	http://web.tuat.ac.jp/~deng/ICAMechS2024/icamechs2024.html
11.26. - 11.29.	2024 2nd International Conference on Foundation and Large Language Models (FLLM)	Dubai, United Arab Emirates	https://flm2024.flm-conference.org/
11.26. - 11.29.	2024 IEEE International Conference on Electrical Systems for Aircraft, Railway, Ship Propulsion and Road Vehicles & International Transportation Electrification Conference (ESARS-ITEC)	Naples, Italy	https://www.esars.info/
11.26. - 11.29.	2024 27th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS)	Fukuoka, Japan	http://www.icems2024.com/
11.26. - 11.27.	2024 32nd Telecommunications Forum (TELFOR)	Belgrade, Serbia	https://www.telfor.rs/sr/
11.26. - 11.27.	2024 14th International Electric Drives Production Conference (EDPC)	Regensburg, Germany	https://www.edpc.eu/
11.27. - 11.29.	2024 4th International Multidisciplinary Information Technology and Engineering Conference (IMITEC)	Vanderbijlpark, South Africa	http://www.vut.ac.za/imitec2024/
11.27. - 11.29.	2024 IEEE 13th International Conference on Cloud Networking (CloudNet)	Rio de Janeiro, Brazil	https://cloudnet2024.ieee-cloudnet.org/
11.27. - 11.29.	2024 IEEE 42nd Central America and Panama Convention (CONCAPAN XLII)	San Jose, Costa Rica	http://r9.ieee.org/costarica/concapan2024/
11.27. - 11.29.	2024 IEEE 24th International Conference on Bioinformatics and Bioengineering (BIBE)	Kragujevac, Serbia	http://www.bibe2024.kg.ac.rs/
11.27. - 11.29.	2024 International Conference on Intelligent & Innovative Practices in Engineering & Management (IIPem)	Singapore, Singapore	https://www.amity.edu/iipem2024/
11.27. - 11.29.	2024 International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA)	Perth, Australia	http://dicta2024.dictaconference.org/index.html
11.27. - 11.29.	2024 34th International Telecommunication Networks and Applications Conference (ITNAC)	Sydney, Australia	http://itnac.org.au/
11.28. - 11.30.	2024 6th International Conference on Artificial Intelligence and Computer Applications (ICAICA)	Dalian, China	https://www.icaica.org

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
11.28. - 11.29.	2024 International Conference on Sustainable Power & Energy (ICSPE)	Raigarh, India	https://icspe2024.opju.ac.in/
11.28. - 11.30.	2024 IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (COMNETSAT)	Mataram, Indonesia	https://comnetsat.org/
11.29. - 12.01.	2024 International Conference on Logistics and Industrial Engineering (ICLIE)	Ho Chi Minh City, Vietnam	https://iclie-vlu.com/
11.29. - 12.01.	2024 International Conference on Intelligent Robotics and Automatic Control (IRAC)	Guangzhou, China	http://www.icirac.org/
11.29. - 12.01.	2024 IEEE 11th Uttar Pradesh Section International Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering (UPCON)	Lucknow, India	https://upcon.srmcem.ac.in/

>>2024년 12월

12.01. - 12.04.	TENCON 2024 - 2024 IEEE Region 10 Conference (TENCON)	Singapore, Singapore	https://tencon2024.org/
12.01. - 12.04.	2024 IEEE Latin America Conference on Antennas and Propagation (LACAP)	San Andrés, Colombia	https://lacap2024.org/
12.02. - 12.05.	2024 IEEE 9th Southern Power Electronics Conference (SPEC)	Brisbane, Australia	https://spec-ieee.org/spec2024/
12.02. - 12.05.	2024 IEEE International Workshop on Information Forensics and Security (WIFS)	Rome, Italy	http://wifs2024.uniroma3.it/
12.02. - 12.04.	2024 Artificial Intelligence for Business (AIB)	Laguna Hills, California, USA	https://www.aib.org/
12.02. - 12.04.	2024 IEEE Conference on Bionanotechnology and BioMEMS (BNM)	Hong Kong, Hong Kong	https://bnm.embs.org/2024/
12.02. - 12.05.	2024 IEEE India Geoscience and Remote Sensing Symposium (InGARSS)	Goa, India	https://ingarss2024.org/
12.03. - 12.06.	2024 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine (BIBM)	Lisbon, Portugal	http://ieeebibm.org/BIBM2024/
12.03. - 12.06.	2024 IEEE 26th Electronics Packaging Technology Conference (EPTC)	Singapore	https://www.eptc-ieee.net/
12.03. - 12.05.	2024 Resilience Week (RWS)	Austin, Texas, USA	https://events.techconnect.org/DTCFall/Resilience-Week/
12.03. - 12.05.	2024 IEEE 21st International Conference on Smart Communities: Improving Quality of Life using AI, Robotics and IoT (HONET)	Doha, Qatar	https://honet-ict.org/
12.03. - 12.06.	2024 Asia Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC)	Macao, Macao	http://www.apsipa2024.org/
12.03. - 12.05.	2024 1st International Conference on Innovative and Intelligent Information Technologies (IC3IT)	Batna, Algeria	https://conference.univ-batna2.dz/ic3it24
12.04. - 12.06.	2024 21st International Conference on Mechatronics - Mechatronika (ME)	Brno, Czech Republic	https://mechatronika.fel.cvut.cz/
12.04. - 12.06.	2024 IEEE 6th International Conference on BioInspired Processing (BIP)	Liberia, Guanacaste, Costa Rica	https://www.bipconference.org/
12.04. - 12.07.	2024 IEEE/ACM Symposium on Edge Computing (SEC)	Rome, Italy	http://acm-ieee-sec.org/2024/
12.04. - 12.06.	2024 7th International Conference on Advanced Communication Technologies and Networking (CommNet)	Rabat, Morocco	http://www.commnet-conf.org/
12.04. - 12.06.	2024 International Conference on Electrical and Computer Engineering Researches (ICECER)	Gaborone, Botswana	https://www.icecer.com/
12.04. - 12.06.	2024 Global Energy Conference (GEC)	Batman, Türkiye	https://gec2024.batman.edu.tr/
12.04. - 12.06.	2024 6th International Conference on Smart Power & Internet Energy Systems (SPIES)	Abu Dhabi, United Arab Emirates	http://www.icspies.org/index.html
12.04. - 12.06.	2024 IEEE International Conference on Agents (ICA)	Wollongong, Australia	https://attend.ieee.org/ica-2024/
12.05. - 12.06.	2024 International Conference on Advancement in Renewable Energy and Intelligent Systems (AREIS)	Thrissur, India	http://areis2024.jecc.ac.in/
12.05. - 12.07.	2024 IEEE 3rd International Conference on Data, Decision and Systems (ICDDS)	Bangalore, India	https://icdds.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
12.05. - 12.06.	2024 International Conference on Informatics Electrical and Electronics (ICIEE)	Denpasar, Bali, Indonesia	https://iciee.id/
12.06. - 12.08.	2024 IEEE 4th International Conference on Information Technology, Big Data and Artificial Intelligence (ICIBA)	Chongqing, China	http://www.iciba.org/
12.06. - 12.09.	2024 14th International Conference on Information Science and Technology (ICIST)	Chengdu, China	https://conference.cs.cityu.edu.hk/icist/
12.06. - 12.08.	2024 2nd International Conference on Artificial Intelligence Trends and Pattern Recognition (ICAITPR)	Hyderabad, India	http://icaitpr.org/
12.06. - 12.07.	2024 5th International Conference on Communication, Computing & Industry 6.0 (C2I6)	Bengaluru, India	https://sites.google.com/cmrit.ac.in/c2i6-2024/home
12.06. - 12.07.	2024 International Conference on Communication, Control, and Intelligent Systems (CCIS)	Mathura, India	https://www.gla.ac.in/ccis2024/
12.06. - 12.08.	2024 IEEE 2nd International Conference on Innovations in High Speed Communication and Signal Processing (IHCSP)	Bhopal, India	https://ihcsp.in/
12.06. - 12.07.	2024 International Conference on Smart Electronics and Communication Systems (ISENSE)	Kottayam, India	https://iiitkottayam.ac.in/#!/home
12.06. - 12.07.	2024 13th International Conference on System Modeling & Advancement in Research Trends (SMART)	Moradabad, India	http://www.smart2024.tmu.ac.in/
12.07.	2024 IEEE Signal Processing in Medicine and Biology Symposium (SPMB)	Virtual	https://www.ieeespmb.org/2024/
12.07. - 12.11.	2024 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM)	San Francisco, California, USA	https://www.ieee-iedm.org/
12.07.	2024 IEEE 12th Conference on Systems, Process & Control (ICSPC)	Malacca, Malaysia	https://sites.google.com/view/icspc/home
12.07. - 12.08.	2024 IEEE International Conference on Intelligent Signal Processing and Effective Communication Technologies (INSPECT)	Gwalior, India	https://inspect.iiitm.ac.in/
12.08. - 12.12.	GLOBECOM 2024 - 2024 IEEE Global Communications Conference	Cape Town, South Africa	https://globecom2024.ieee-globecom.org/
12.09. - 12.12.	2024 IEEE International Conference on Data Mining (ICDM)	Abu Dhabi, United Arab Emirates	http://icdm2024.josueonline.com/
12.09. - 12.11.	2024 17th International Conference on Sensing Technology (ICST)	Sydney, Australia	http://icst.in/icst2024/
12.09. - 12.12.	2024 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE)	Bengaluru, India	https://2024.tale-conference.org/
12.09. - 12.11.	2024 IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science (CloudCom)	Abu Dhabi, United Arab Emirates	http://www.cloudcom2024.org/
12.09. - 12.10.	2024 International Conference on Frontiers of Information Technology (FIT)	Islamabad, Pakistan	https://fit.edu.pk/
12.09. - 12.13.	2024 IEEE Microwaves, Antennas, and Propagation Conference (MAPCON)	Hyderabad, India	https://ieemapcon.org/
12.09. - 12.12.	2024 IEEE/WIC International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology (WI-IAT)	Thailand	https://www.wi-iat.com/wi-iat2024/index.html
12.09. - 12.11.	2024 International Conference on Modeling, Simulation & Intelligent Computing (MoSICom)	Dubai, United Arab Emirates	https://mosicom2024.com/
12.09. - 12.12.	2024 IEEE Spoken Language Technology Workshop (SLT)	Macao	https://2024.ieeeslt.org/
12.10. - 12.13.	2024 IEEE Real-Time Systems Symposium (RTSS)	York, United Kingdom	http://2024.rtss.org/
12.10. - 12.13.	2024 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS)	Kaohsiung, Taiwan	https://www.ieee-ispacs2024.org/
12.10. - 12.12.	2024 International Conference on IT and Industrial Technologies (ICIT)	Chiniot, Pakistan	https://www.icit.nu.edu.pk/
12.10. - 12.12.	2024 25th International Arab Conference on Information Technology (ACIT)	Zarqa, Jordan	https://acit2k.org/ACIT/index.php/acit2024
12.11. - 12.13.	2024 IEEE-EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences (IECBES)	Penang, Malaysia	https://www.iecbes.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
12.11. - 12.13.	2024 11th Workshop on Satellite Navigation Technology (NAVITEC)	Noordwijk, Netherlands	http://atpi.eventsair.com/navitec-2024/
12.11. - 12.12.	2024 International Conference on Decision Aid Sciences and Applications (DASA)	Manama, Bahrain	https://dasa24.asu.edu.bh/
12.12. - 12.15.	2024 18th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV)	Dubai, United Arab Emirates	https://icarcv2024.org/
12.12. - 12.14.	2024 Third International Conference on Artificial Intelligence, Computational Electronics and Communication System (AICECS)	MANIPAL, India	http://aicecs.in/
12.12. - 12.14.	2024 International Conference on Flexible Electronics and Systems (ICFES)	Hong Kong, China	http://www.ieee-icfes.org/
12.13. - 12.14.	2024 Fourth International Conference on Multimedia Processing, Communication & Information Technology (MPCIT)	Shivamogga, India	http://jnncce.ac.in/mpcit2024/
12.13. - 12.15.	2024 International Conference on Intelligent Communication, Sensing and Electromagnetics (ICSE)	Guangzhou, China	http://www.icicse.net/
12.13. - 12.16.	2024 14th International Conference on Power and Energy Systems (ICPES)	Chengdu, China	https://icpes.org/index.html
12.13. - 12.15.	2024 4th International Conference on Smart Grid and Energy Internet (SGEI)	Shenyang, China	http://www.sgei.info/
12.13. - 12.15.	2024 IEEE Pune Section International Conference (PuneCon)	Pune, India	https://punecon.ieee-punesection.org/
12.13. - 12.14.	2024 1st International Conference on Sustainability and Technological Advancements in Engineering Domain (SUSTAINED)	Faridabad, India	https://www.sustained2024.in/
12.14. - 12.16.	2024 23rd National Power Systems Conference (NPSC)	Indore, India	http://www.iitk.ac.in/npsc/
12.14. - 12.15.	2024 IEEE Calcutta Conference (CALCON)	Kolkata, India	https://www.ewh.ieee.org/r10/calcutta/calcon2024/
12.14. - 12.18.	2024 IEEE 55th Semiconductor Interface Specialists Conference (SISC)	San Diego, California, USA	https://www.ieeesisc.org/
12.14. - 12.17.	2024 International Conference on Microelectronics (ICM)	Doha, Qatar	https://www.ieee-icm.org/
12.14. - 12.15.	2024 17th International Symposium on Computational Intelligence and Design (ISCID)	Hangzhou, China	http://iukm.zju.edu.cn/iscid/index.html
12.14. - 12.15.	2024 International Conference on Telecommunications and Intelligent Systems (ICTIS)	Djelfa, Algeria	http://conference.univ-djelfa.dz/ictiss/
12.15. - 12.18.	2024 IEEE International Conference on Big Data (BigData)	Washington, District of Columbia, USA	https://www3.cs.stonybrook.edu/~ieebigdata2024/
12.15. - 12.18.	2024 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)	Bangkok, Thailand	http://www.ieem.org/public.asp?page=index.asp
12.15. - 12.18.	2024 IEEE International Conference on Advanced Networks and Telecommunications Systems (ANTS)	Guwahati, India	https://ants2024.ieee-ants.org/
12.16. - 12.19.	2024 IEEE 63rd Conference on Decision and Control (CDC)	Milan, Italy	https://cdc2024.ieeecss.org/
12.16. - 12.18.	2024 IEEE International Conference on Wireless for Space and Extreme Environments (WiSEE)	Daytona Beach, Florida, USA	https://attend.ieee.org/wisee-2024/
12.16. - 12.18.	2024 17th International Conference on Signal Processing and Communication System (ICSPCS)	Surfers Paradise, Australia	https://icspcs2024.io.pbs.edu.pl/#about
12.16. - 12.18.	2024 9th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES)	Coimbatore, India	http://icoecs.org/
12.16. - 12.19.	2024 IEEE/ACM International Conference on Big Data Computing, Applications and Technologies (BDCAT)	Sharjah, United Arab Emirates	Sharjah, United Arab Emirates
12.16. - 12.19.	2024 IEEE/ACM 17th International Conference on Utility and Cloud Computing (UCC)	Sharjah, United Arab Emirates	https://www.uccbdc2024.org/ucc/
12.16. - 12.20.	2024 ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries (JCDL)	Hong Kong, China	https://2024.jcdl.org/
12.16. - 12.18.	2024 Asian Hardware Oriented Security and Trust Symposium (AsianHOST)	Kobe, Japan	https://www.asianhost.org/2024/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
12.16. - 12.19.	2024 Saudi Arabia Smart Grid (SASG)	Riyadh, Saudi Arabia	https://saudi-sg.com/
12.16. - 12.17.	2024 1st International Conference on Advances in Computing, Communication and Networking (ICAC2N)	Greater Noida, India	https://icac2n.in/
12.17. - 12.19.	2024 IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety (ICVES)	Ahmedabad, India	https://ieee-icves.org/
12.17. - 12.19.	2024 International Conference on Computer and Applications (ICCA)	Cairo, Egypt	https://icca-conf.info/
12.17. - 12.18.	2024 1st International Conference on Electrical, Computer, Telecommunication and Energy Technologies (ECTE-Tech)	Oum El Bouaghi, Algeria	https://www.univ-ueb.dz/ECTE-TECH24/
12.18. - 12.20.	2024 International Conference on Machine Learning and Applications (ICMLA)	Miami, Florida, USA	https://icmla-conference.org/icmla24/
12.18. - 12.21.	2024 IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES)	Mangalore, India	https://pedes2024.org/
12.18. - 12.21.	2024 IEEE 31th International Conference on High Performance Computing, Data, and Analytics (HiPC)	Bangalore, India	https://www.hipc.org/
12.18. - 12.19.	2024 4th International Conference on Computing and Information Technology (ICCIT)	Tabuk, Saudi Arabia	https://ut-iccit.org/iccit/
12.18. - 12.21.	2024 IEEE 31st International Conference on High Performance Computing, Data and Analytics Workshop (HiPCW)	Bangalore, India	https://www.hipc.org/
12.18. - 12.19.	2024 International Conference on Robotics and Automation in Industry (ICRAI)	Rawalpindi, Pakistan	https://ceme.nust.edu.pk/icrai2024/index.html
12.18. - 12.20.	2024 International Conference on Sustainable Technology and Engineering (i-COSTE)	Perth, Australia	http://i-coste.org/
12.19. - 12.20.	2024 3rd International Conference on Embedded Systems and Artificial Intelligence (ESAI)	Fez, Morocco	https://esaiconference.org/
12.19. - 12.21.	2024 IEEE 1st International Conference on Advances in Signal Processing, Power, Communication, and Computing (ASPCC)	Bhubaneswar, India	https://aspcc-iitbbsr.com/
12.19. - 12.21.	2024 IEEE 21st India Council International Conference (INDICON)	Kharagpur, India	http://ieeeindicon.org/
12.19. - 12.21.	2024 2nd International Conference on Recent Trends in Microelectronics, Automation, Computing and Communications Systems (ICMACC)	Hyderabad, India	https://icmacc.org/
12.19. - 12.21.	2024 Conference on Building a Secure & Empowered Cyberspace (BuildSEC)	Delhi, India	https://www.buildsec.org/
12.20. - 12.21.	2024 International Conference on Innovation and Novelty in Engineering and Technology (INNOVA)	Vijayapura, India	https://innova2024.com/
12.20. - 12.22.	2024 12th International Conference on Intelligent Systems and Embedded Design (ISED)	Rourkela, India	https://2024.isedconf.org/
12.20. - 12.22.	2024 20th International Conference on Mobility, Sensing and Networking (MSN)	Harbin, China	http://ieee-msn.org/2024/
12.20. - 12.21.	2024 International Conference on Augmented Reality, Intelligent Systems, and Industrial Automation (ARIA)	Manipal, India	https://aria.co.in/index.html
12.20. - 12.22.	2024 6th International Conference on Electrical Engineering and Control Technologies (CEECT)	Shenzhen, China	https://ceect.org/
12.20. - 12.22.	2024 7th International Conference on Data Science and Information Technology (DSIT)	Nanjing, China	http://www.dsit2024.net/
12.21. - 12.23.	2024 IEEE Asia-Pacific Conference on Applied Electromagnetics (APACE)	Langkawi, Kedah, Malaysia	https://apace2024.apmttemc.org/
12.27. - 12.29.	2024 Recent Advances in Sustainable Engineering and Future Technologies (RASEFT)	Hyderabad, India	https://raseft-2024.matrusrisociety.org/
12.27. - 12.29.	2024 IEEE 7th International Conference on Automation, Electronics and Electrical Engineering (AUTEEE)	Shenyang, China	http://www.auteee.org/
12.27. - 12.28.	2024 4th International Conference on Innovative Sustainable Computational Technologies (CISCT)	Dehradun, India	https://cisct2024.geu.ac.in/
12.29. - 12.31.	2024 IEEE 2nd International Conference on Electrical, Automation and Computer Engineering (ICEACE)	Changchun, China	http://www.iceace.net/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
01.07 - 01.09.	2025 IEEE Power Electronics Society International Decentralized Energy Access Symposium (IDEAS)	Bali, Indonesia	http://ideas-2024.ieee.org/
01.09. - 01.10.	2025 Fifth International Conference on Advances in Electrical, Computing, Communication and Sustainable Technologies (ICAECT)	Bhilai, India	https://icaect.com/
01.10. - 01.13.	2025 IEEE 22nd Consumer Communications & Networking Conference (CCNC)	Las Vegas, Nevada, USA	https://ccnc2025.ieee-ccnc.org/
01.11. - 01.14.	2025 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)	Las Vegas, Nevada, USA	https://icce.org/2025/
01.13. - 01.17.	2025 Joint MMM-Intermag Conference (INTERMAG)	New Orleans, Louisiana, USA	https://2025-joint.magnetism.org/
01.15. - 01.17.	2025 Fourth International Symposium on Instrumentation, Control, Artificial Intelligence, and Robotics (ICA-SYMP)	Bangkok, Thailand	https://ica-symp-2025.ecti-thailand.org/
01.16. - 01.17.	2025 1st International Conference on AIML-Applications for Engineering & Technology (ICAET)	Pune, India	http://cumminscollege.org/icaet/
01.16. - 01.17.	2025 International Conference on Intelligent and Innovative Technologies in Computing, Electrical and Electronics (IITCEE)	Bangalore, India	https://www.iciitcee.in/
01.19. - 01.23.	2025 IEEE 38th International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS)	Kaohsiung, Taiwan	https://www.mems25.org/
01.19. - 01.22.	2025 IEEE Radio and Wireless Symposium (RWS)	San Juan, Puerto Rico, USA	https://www.radiowirelessweek.org/
01.19. - 01.22.	2025 104th ARFTG Microwave Measurement Conference (ARFTG)	San Juan, Puerto Rico, USA	https://arftg.org/
01.19. - 01.22.	2025 IEEE 24th Topical Meeting on Silicon Monolithic Integrated Circuits in RF Systems (SiRF)	San Juan, Puerto Rico, USA	https://www.radiowirelessweek.org/
01.19. - 01.22.	2025 IEEE Topical Conference on RF/Microwave Power Amplifiers for Radio and Wireless Applications (PAWR)	San Juan, Puerto Rico, USA	https://www.radiowirelessweek.org/
01.19. - 01.22.	2025 IEEE Space Hardware Radio Conference (SHaRC)	San Juan, Puerto Rico, USA	https://www.radiowirelessweek.org/
01.19. - 01.22.	2025 IEEE Topical Conference on Wireless Sensors and Sensor Networks (WiSNeT)	San Juan, Puerto Rico, USA	https://www.radiowirelessweek.org/
01.20. - 01.23.	2025 30th Asia and South Pacific Design Automation Conference (ASP-DAC)	Tokyo, Japan	https://www.aspdac.com/aspdac2025/
01.20. - 01.21.	2025 IEEE Electrical Energy Storage Applications and Technologies Conference (EESAT)	Charlotte, North Carolina, USA	https://cmte.ieee.org/pes-eesat/
01.20. - 01.22.	2025 IEEE Applied Sensing Conference (APSCON)	Hyderabad, India	https://2025.ieee-apscon.org/
01.20. - 01.22.	2025 Fourth International Conference on Power, Control and Computing Technologies (ICPC2T)	Raipur, India	http://icpc2t.nitr.ac.in/
01.21. - 01.23.	2025 IEEE PES Grid Edge Technologies Conference & Exposition (Grid Edge)	San Diego, California, USA	https://pes-gridedge.org/
01.23. - 01.25.	2025 IEEE 23rd World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI)	Stará Lesná, Slovakia	https://conf.uni-obuda.hu/sami2025/
01.23. - 01.24.	2025 International Conference on Next Generation Communication & Information Processing (INCIP)	Bangalore, India	https://incip.in/
01.27. - 01.29.	2025 IEEE International Conference on Artificial Intelligence and eXtended and Virtual Reality (AIxVR)	Lisbon, Portugal	https://aixvr.tecnico.ulisboa.pt/
01.27. - 01.30.	2025 Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS)	Destin, Florida, USA	https://rams.org/
01.28. - 01.30.	2025 Institute for the Future of Education Conference (IFE)	Monterrey, Mexico	https://ciie.itesm.mx/en/

>>2025년 2월

02.02. - 02.04.	2025 15th International Renewable Energy Congress (IREC)	Hammamet, Tunisia	https://irec-conference.com/
02.02. - 02.05.	2025 Cybernetics & Informatics (K&I)	Mikulov na Morave, Czech Republic	https://ki2025.ssk.sk/
02.03. - 02.05.	2025 Conference on Artificial Intelligence x Multimedia (AIxMM)	Laguna Hills, California, USA	https://www.aixmm.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
02.05. - 02.07.	2025 3rd International Conference on Intelligent Data Communication Technologies and Internet of Things (IDCIoT)	Bengaluru, India	http://icoici.org/2025/
02.06. - 02.07.	2025 International Conference on Artificial Intelligence and Data Engineering (AIDE)	Nitte, India	http://aide2025.in/
02.06. - 02.11.	2025 13th International Conference on Intelligent Control and Information Processing (ICICIP)	Muscat, Oman	https://conference.cs.cityu.edu.hk/icicip/
02.06. - 02.07.	2025 International Conference on Advances in Renewable Energy & Electric Vehicles (AREEV)	Karkala, India	http://www.areev2025.in/
02.07. - 02.09.	2025 Emerging Technologies for Intelligent Systems (ETIS)	Trivandrum, India	https://www.etis-2025.org/
02.07. - 02.08.	2025 International Conference on Computational, Communication and Information Technology (ICCCIT)	Indore, India	https://ies.ipsacademy.org/incccit-2024/
02.08. - 02.09.	2025 International Conference on Pervasive Computational Technologies (ICPCT)	Greater Noida, India	https://www.glbitm.org/icpct-2025/
02.09. - 02.12.	2025 IEEE Conference on Advances in Magnetism (AIM)	Bressanone, Italy	https://www.aim2025.it/
02.09. - 02.12.	2025 IEEE International Conference on Big Data and Smart Computing (BigComp)	Kota Kinabalu, Malaysia	http://www.bigcomputing.org/conf2025/
02.09. - 02.11.	2025 2nd International Conference on Advanced Innovations in Smart Cities (ICAISC)	Jeddah, Saudi Arabia	https://www.jicollge.edu.sa/en/conferences-and-events/
02.10. - 02.11.	2025 6th Australian Microwave Symposium (AMS)	Gold Coast, Australia	http://www.amsymp.org/index_s.php
02.10. - 02.11.	2025 IEEE Texas Power and Energy Conference (TPEC)	College Station, Texas, USA	https://tpec.engr.tamu.edu/
02.10. - 02.12.	2025 International Conference on Innovation in Artificial Intelligence and Internet of Things (AIIT)	Jeddah, Saudi Arabia	https://aiit.daasite.online/
02.11. - 02.13.	2025 International Conference on Control, Automation, and Instrumentation (IC2AI)	Beirut, Lebanon	http://lreee.org/ic2ai/
02.13. - 02.14.	2025 International Conference on Intelligent Control, Computing and Communications (IC3)	Mathura, India	https://www.glbajajgroup.org/ICCC-2025
02.16. - 02.20.	2025 IEEE International Solid-State Circuits Conference (ISSCC)	San Francisco, California, USA	https://www.isscc.org/
02.18. - 02.21.	2025 International Conference on Artificial Intelligence in Information and Communication (ICAIIIC)	Fukuoka, Japan	https://icaaic.org/
02.19. - 02.21.	2025 IEEE International Workshop on Antenna Technology (IWAT)	Cocoa Beach, Florida, USA	https://attend.ieee.org/iwat-2025/
02.19. - 02.22.	2025 29th International Conference on Information Technology (IT)	Zabljak, Montenegro	https://www.it.ucg.ac.me/en/
02.20. - 02.22.	2025 18th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies (BIOSTEC)	Porto, Portugal	https://biostec.scitevents.org/
02.21. - 02.22.	2025 First International Conference on Advances in Computer Science, Electrical, Electronics, and Communication Technologies (CE2CT)	Bhimtal, Nainital, India	http://ce2ct.gehu.ac.in/
02.23. - 02.26.	2025 International Conference on Mobile and Miniaturized Terahertz Systems (ICMMTS)	Dubai, United Arab Emirates	http://typo3-202311301006.p415500.webspaceconfig.de/home
02.23. - 02.25.	2025 World Utility Summit (WUS)	Greater Noida, India	https://www.worldutilitysummit.org/
02.25. - 02.28.	2025 IEEE 16th Latin America Symposium on Circuits and Systems (LASCAS)	Bento Gonçalves, Brazil	https://www.ufrgs.br/lascas/index.php
02.26 - 03.06.	2025 IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV)	Tucson, Arizona, USA	https://wacv2025.thecvf.com/
02.28 - 03.01.	2025 International Conference on Innovation in Computing and Engineering (ICE)	Greater Noida, India	https://snucce.in/
02.28 - 03.02	2025 4th International Conference on Smart Grid and Green Energy (ICSGGE)	Sydney, Australia	http://www.icsgge.org/
02.28 - 03.02	2025 IEEE International Conference on Mechatronics (ICM)	Wollongong, Australia	https://icm2025.ieee-ies.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
03.01. - 03.08	2025 IEEE Aerospace Conference	Big Sky, Montana, USA	https://www.aeroconf.org/
03.01. - 03.05	2025 IEEE International Symposium on High Performance Computer Architecture (HPCA)	Las Vegas, Nevada, USA	https://hpca-conf.org/
03.02. - 03.05	2025 IEEE Underwater Technology (UT)	Taipei, Taiwan	https://ut2025.org/
03.03. - 03.07.	2025 IEEE IAS Electrical Safety Workshop (ESW)	Jacksonville, Florida, USA	https://www.ewh.ieee.org/cmte/ias-esw/
03.03. - 03.06.	2025 20th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)	Melbourne, Australia	https://humanrobotinteraction.org/2025/
03.04. - 03.07.	2025 IEEE International Conference on Software Analysis, Evolution and Reengineering (SANER)	Montreal, Quebec, Canada	https://conf.researchr.org/home/saner-2025
03.04. - 03.06.	2025 International Conference on Automation and Computation (AUTOCOM)	Dehradun, India	https://autocom.org.in/
03.05. - 03.07.	2025 International Conference on Emerging Smart Computing and Informatics (ESCI)	Pune, India*	https://escioit.org/
03.06. - 03.08.	2025 IEEE International Conference on Interdisciplinary Approaches in Technology and Management for Social Innovation (IATMSI)	Gwalior, India*	https://iatmsi.iitm.ac.in/
03.07. - 03.09.	2025 International Conference on Power Electronics and Electric Drives (PEED)	Dali, China	http://www.icpeed.com/
03.07. - 03.08.	2025 3rd International Conference on Disruptive Technologies (ICDT)	Greater Noida, India	https://www.glbitm.org/icdt-2025/
03.07. - 03.09.	2025 9th International Conference on Green Energy and Applications (ICGEA)	Singapore, Singapore	https://www.icgea.org/index.html
03.07. - 03.08.	2025 3rd International Conference on Smart Systems for applications in Electrical Sciences (ICSSES)	Tumakuru, India*	http://icsses.sit.ac.in/
03.09. - 03.12.	2025 9th IEEE Electron Devices Technology & Manufacturing Conference (EDTM)	Hong Kong, Hong Kong	https://edtm2025.com/
03.10. - 03.12.	2025 International Conference on Machine Learning and Autonomous Systems (ICMLAS)	Prawet, Thailand *	http://icmlas.com/
03.11. - 03.14.	2025 28th Conference on Innovation in Clouds, Internet and Networks (ICIN)	Paris, France	https://www.icin-conference.org/
03.12. - 03.14.	2025 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications	Moscow, Russia	http://media-publisher.ru/en/2025-on-board/
03.14. - 03.16.	2025 14th International Conference on Educational and Information Technology (ICEIT)	Guangzhou, China	https://www.iceit.org/index.html
03.14. - 03.16.	2025 IEEE 8th Information Technology and Mechatronics Engineering Conference (ITOEC)	Chongqing, China	http://www.itoec.org/
03.15.	2025 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC)	Princeton, New Jersey, USA	https://ewh.ieee.org/conf/stem/
03.16. - 03.20.	2025 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC)	Atlanta, Georgia, USA	https://apec-conf.org/
03.16. - 03.20.	2025 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Artificial Life and Cooperative Intelligent Systems Companion (ALIFE-CIS Companion)	Trondheim, Norway*	https://ieee-ssci.org/
03.17. - 03.19.	2025 IEEE International Conference on Electronics, Energy Systems and Power Engineering (EESPE)	Shenyang, China	http://www.eespe.org/
03.17. - 03.21.	2025 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom)	Washington DC, District of Columbia, USA "	https://www.percom.org/
03.17. - 03.20.	2025 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)	Trondheim, Norway	https://ieee-ssci.org/
03.17. - 03.20.	2025 IEEE Symposia on Computational Intelligence for Energy, Transport and Environmental Sustainability (CIETES)	Trondheim, Norway*	https://ieee-ssci.org/
03.17. - 03.20.	2025 IEEE Symposium on Computational Intelligence on Engineering/Cyber Physical Systems (CIES)	Trondheim, Norway*	https://ieee-ssci.org/
03.17. - 03.20.	2025 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Image, Signal Processing and Synthetic Media (CISM)	Trondheim, Norway*	https://ieee-ssci.org/

일 자	학술대회명	개최장소	홈페이지/연락처
03.17. - 03.20.	2025 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Artificial Life and Cooperative Intelligent Systems (ALIFE-CIS)	Trondheim, Norway*	https://ieee-ssci.org/
03.17. - 03.20.	2025 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Security, Defence and Biometrics (CISDB)	Trondheim, Norway*	https://ieee-ssci.org/
03.17. - 03.20.	2025 IEEE Symposium for Multidisciplinary Computational Intelligence Incubators (MCII)	Trondheim, Norway*	https://ieee-ssci.org/
03.17. - 03.20.	2025 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Natural Language Processing and Social Media (CI-NLPSoMe)	Trondheim, Norway*	https://ieee-ssci.org/
03.17. - 03.20.	2025 IEEE Symposium on Computational Intelligence for Financial Engineering and Economics (CiFer)	Trondheim, Norway*	https://ieee-ssci.org/
03.17. - 03.20.	2025 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Health and Medicine (CIHM)	Trondheim, Norway*	https://ieee-ssci.org/
03.17. - 03.20.	2025 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Image, Signal Processing and Synthetic Media Companion (CISM Companion)	Trondheim, Norway*	https://ieee-ssci.org/
03.17. - 03.20.	2025 IEEE Symposium on Computational Intelligence in Security, Defence and Biometrics Companion (CISDB Companion)	Trondheim, Norway*	https://ieee-ssci.org/
03.18. - 03.21.	2025 Data Compression Conference (DCC)	Snowbird, Utah, USA	https://datacompressionconference.org/
03.19. - 03.21.	2025 24th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH)	East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina*	https://infoteh.etf.ues.rs.ba/indexe.php
03.21. - 03.23.	2025 5th International Conference on Advances in Electrical, Electronics and Computing Technology (EECT)	Guangzhou, China	http://www.eect-conf.net/
03.21. - 03.23.	2025 2nd International Conference on Smart Grid and Artificial Intelligence (SGAI)	Changsha, China	https://www.icsgai.com/
03.21. - 03.22	2025 3rd International Conference on Device Intelligence, Computing and Communication Technologies (DICCT)	Dehradun, India	https://dicct.geu.ac.in/
03.23. - 03.26	2025 IEEE Engineering Education World Conference (EDUNINE)	Montevideo, Uruguay	https://edunine.eu/edunine2025/eng/index.php
03.24. - 03.27.	2025 IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC)	Milan, Italy	https://wcnc2025.ieee-wcnc.org/
03.24. - 03.27.	2025 IEEE 37th International Conference on Microelectronic Test Structures (ICMTS)	San Antonio, Texas, USA	https://icmts.net/
03.26. - 03.28.	2025 IEEE Green Technologies Conference (GreenTech)	Wichita, Kansas, USA	https://ieeegreentech.org/
03.26. - 03.28.	2025 27th International Conference on Digital Signal Processing and its Applications (DSPA)	Moscow, Russia	http://dspa-conf.org/pages/home
03.28. - 03.31	2025 7th Asia Energy and Electrical Engineering Symposium (AEEES)	Chengdu, China	https://www.aeees.org/
03.28. - 03.30.	2025 IEEE Region 5 Annual Meeting (R5)	Wichita, Kansas, USA	https://r5conferences.org/
03.28. - 03.29.	2025 Next Generation Information System Engineering Conference (NGISE)	Ghaziabad, Delhi (NCR), India	https://ngise.org/
03.29. - 03.31.	2025 1st International Conference on Consumer Technology (ICCT-Pacific)	Matsue, Shimane, Japan	https://2025.icct-pacific.org/2025
03.30. - 04.04.	2025 19th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)	Stockholm, Sweden	https://www.eucap.org/
03.30. - 04.03.	2025 Optical Fiber Communications Conference and Exhibition (OFC)	San Francisco, California, USA	https://www.ofcconference.org/en-us/home/
03.30. - 04.03.	2025 IEEE International Reliability Physics Symposium (IRPS)	Monterey, California, USA	https://www.irps.org/
03.31. - 04.04.	2025 IEEE Conference on Software Testing, Verification and Validation (ICST)	Napoli, Italy	https://conf.researchr.org/home/icst-2025
03.31. - 04.04.	2025 IEEE 22nd International Conference on Software Architecture (ICSA)	Odense, Denmark	https://conf.researchr.org/home/icsa-2025/
03.31. - 04.04.	2025 IEEE 22nd International Conference on Software Architecture Companion (ICSA-C)	Odense, Denmark	https://conf.researchr.org/home/icsa-2025

The Magazine of the IEIE

특별회원사 명단

회원사	대표자	주 소	전 화	홈페이지
(주)디비하이텍	조기석	경기도 부천시 수도로 90(도당동)	032-680-4700	www.dbhitek.com
(주)레티널	김재혁	경기도 안양시 동안구 부림로170번지 41-10, 4층	02-6959-7007	https://letinar.com
(주)마르시스	박용규	서울시 강남구 언주로 85길 7	02-3445-3999	http://www.marusys.com
(주)세미파이브	조명현	경기도 성남시 분당구 양현로 322, 코리아디자인센터 2층		http://www.semifive.com
(주)센서위드유	이윤식	울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50, 106동 501-4호	052-912-4282	http://www.sensorwyu.com
(주)에스비솔루션	변영재	울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50, 106동 401-3호	052-217-7343	http://www.sb-solutions.co.kr
(주)와이솔	김지호	경기도 오산시 가장로 531-7	070-7837-2730	http://www.wisol.co.kr
(주)웨이브피아	이상훈	경기도 화성시 동탄기흥로 557 금강펜테리움IT타워 1301호	031-8058-3384	http://www.wavepia.com
KT	김영섭	경기도 성남시 분당구 정자동 206	031-727-0114	http://www.kt.com
LG이노텍(주)	문혁수	서울시 강서구 마곡중앙10로 30	02-3777-1114	www.lginnotek.com
LG전자(주)	조주완	서울시 영등포구 여의도동 30	02-3777-1114	http://www.lge.co.kr
LIG넥스원	김지찬	서울시 서초구 강남대로 369(서초동, 나라빌딩)	02-1644-2005	http://www.lignex1.com
LPKF Laser&Electronics	이용상, 벤델레고츠마티아스	경기도 안양시 동안구 흥안대로 427번길	031-689-3660	www.lpkf.com/kr
SK텔레콤(주)	유영상	서울시 중구 을지로65(을지로2가) SK T-타워	02-2121-2114	http://www.sktelecom.com
SK하이닉스(주)	곽노정	경기도 이천시 부발읍 아미리 산 136-1	031-630-4114	http://www.skhynix.com
네이버(주)	최수연	경기도 성남시 분당구 불정로 6 (정자동 그린팩토리)	031-784-2560	https://www.navercorp.com
누리미디어	최순일	서울시 영등포구 선유로 63, 4층(문래동 6가)	02-710-5300	http://www.nurimedia.co.kr
대덕전자(주)	신영환	경기도 안산시 단원구 강촌로230 (목내동 475)	031-8040-8000	http://www.daeduck.com
대전테크노파크	김우연	대전시 유성구 테크로9로	042-930-4300	www.djtp.or.kr
도쿄อิเล็ก트론코리아(주)	원제형	경기도 화성시 장안면 장안공단 6길 51	031-260-5000	https://www.tel.com
(주)동인시스템	곽동달	부산광역시 해운대구 센텀북대로 60,	051-787-7288	http://www.donginsm.com
롯데렌탈(주)	최진환	경기도 안양시 동안구 전파로88 (신원비전타워 8층)	02-3453-8970	https://www.lotterental.com
리얼테크코리아 주식회사	팅치창	서울시 서초구 사임당로 18, 석오빌딩 5층	070-4120-7966	www.realtek.cpm/en
비전테크	이원복	대전 유성구 테크노2로 187, 미건테크노월드2차 1층 118호	042-934-0236	http://www.visiontechkorea.com
삼성전자(주)	한중희	서울시 서초구 서초2동 1320-10 삼성전자빌딩	02-1588-3366	https://www.samsung.com
스카이칩스	이강윤	수원시 장안구 서부로 2066, 산학협력센터 85511호	031-299-6848	http://www.skaichips.co.kr
스테코(주)	최기환	충청남도 천안시 서북구 3공단1로 20(백석동)	041-629-7480	http://www.steco.co.kr
에스에스앤씨(주)	한은혜	서울시 영등포구 당산로171, 1301	02-6925-2550	http://www.secnc.co.kr
에어스메디컬	이진구	서울시 관악구 남부순환로 1838	070-7777-3186	www.airsmmed.com
오토아이티(주)	정명환	대구시 수성구 알파시티1로 117	053-795-6303	www.auto-it.co.kr
유정시스템(주)	이재훈	서울시 구로구 디지털로26길 110	02-852-8721	www.yjsys.co.kr
정보통신정책연구원	배경울	충북 진천군 덕산읍 정통로 18	043-531-4389	www.kisdi.re.kr

회원사	대표자	주 소	전 화	홈페이지
(주)LX세미콘	이윤태	대전시 유성구 탑립동 707	042-712-7700	www.lxsemicon.com
(주)넥스틴	박태훈	경기도 화성시 동탄면 동탄산단9길 23-12	031-629-2300	http://www.nextinsol.com
(주)더즈텍	김태진	경기도 안양시 동안구 학의로 292 금강펜테리움IT타워 A동 1061호	031-450-6300	http://www.doestek.co.kr
HL만도(주)	조성현	경기도 평택시 포승읍 하만호길 32	02-6244-2114	https://www.hlmando.com/
(주)빅텍	임만규	경기도 이천시 마장면 덕이로 180-31	031-631-7301	http://www.vitek.co.kr
(주)스프링클라우드	송영기	경기도 성남시 창업로 42	031-778-8328	www.aspringcloud.com
(주)시스메이트	이상만	대전시 유성구 유성대로 1184길 41	042-486-6135	http://www.sysmate.com
주식회사 뷰웍스	김후식	경기도 안양시 동안구 부림로 170번길 41-3	070-7011-6161	https://www.viewworks.com
(주)실리콘마이터스	허염	경기도 성남시 분당구 대왕판교로 660 유스페이스-1 A동 8층	1670-7665	http://www.siliconitus.com
(주)싸이몬	정창호	경기도 성남시 분당구 별말로48(구 야탑동 272-1 케이디티빌딩)	02-480-8580	http://www.cimon.com
(주)싸인텔레콤	박영기	서울시 영등포구 경인로 775, 문래동 3가 에이스하이테크시티 1동 119호	02-3439-0033	http://www.signtelecom.com
(주)솔리드	정준, 이승희	경기도 성남시 분당구 판교역로 220 솔리드스페이스	031-627-6000	http://www.st.co.kr
(주)유니트론텍	남궁 선	서울시 강남구 영동대로 638(삼도빌딩) 9층	02-573-6800	http://unitrontech.com
(주)코클리어닷컴에이아이	한윤창	서울시 강남구 봉은사로 51길 26		www.cochl.ai
(주)크레셈	오상민	대전시 유성구 대덕대로 582, 4층 402호(도룡동, 옥토빌딩)	031-427-3445	http://www.cressem.com
(주)텔레칩스	이장규	서울시 송파구 올림픽로 35다길 42(신천동 한국루터화관)19~23층	02-3443-6792	www.telechips.com
(주)티에이치엔	이광연, 채승훈	대구시 달서구 갈산동 973-3	053-583-3001	http://www.th-net.co.kr
(주)티엘아이	홍세경	경기도 성남시 중원구 양현로 405번길 12 티엘아이 빌딩	031-784-6800	http://www.tli.co.kr
(주)해치텍	최성민	충북 청주시 청원구 오창읍 연구단지로 40, 스타기업관 207호	043-715-9034	http://www.haechitech.com
중소벤처기업진흥공단	강석진	경상남도 진주시 동진로 430	055-751-9380	www.kosmes.or.kr
케이케이테크(주)	김경하	경기도 안성시 대덕면 무능로132	031-678-1586	http://www.k-kttech.co.kr
코어인사이트(주)	유용훈	경기도 성남시 중원구 갈매치로 186 반포테크노피아 5층	031-750-9200	http://www.coreinsight.co.kr
한국알박(주)	김선길	경기도 평택시 청북읍 한산길5	031-683-2922	http://www.ulvackora.co.kr
한국전자기술연구원	신희동	경기도 성남시 분당구 새나리로 25 (야탑동)	031-789-7740	http://www.keti.re.kr
한국전자통신연구원	방승찬	대전시 유성구 가정로 218	042-860-6114	http://www.etri.re.kr
한화시스템(주)	김연철	서울시 중구 청계천로 86 (장교동) 한화비딩 (19,20층)	02-729-3030	http://www.hanwhasystems.com
현대로템(주)	이용배	경기도 의왕시 철도박물관로 37	031-596-9114	http://www.hyundai-rotem.co.kr
현대모비스(주)	정의선, 이규석	서울시 강남구 테헤란로 203	02-2018-5114	http://www.mobis.co.kr
현대자동차(주)	정의선, 장재훈, 이동석	경기도 화성시 장덕동 772-1	02-3464-1114	http://www.hyundai-motor.com
호리바에스텍코리아(주)	김성환 외 1명	경기도 용인시 수지구 디지털벨리로 98 호리바빌딩	031-6520-6500	http://www.horiba.com
히로세코리아(주)	이상엽	경기도 시흥시 정왕동 희망공원로 250	031-496-7000	http://www.hirose.co.kr
히타치하이테크코리아(주)	MIYOSHI KEITA	경기도 성남시 분당구 정자일로 155, 엔16층(정자동, 분당두산타워)	031-725-4201	https://www.hitachi-hightech.com

박사학위 논문초록 게재 안내

본 학회에서는 전자공학회지에 국내외에서 박사학위를 취득한 회원의 학위 논문초록을 게재하고 있으니 해당 회원 여러분의 적극적인 참여를 바랍니다.(단, 박사학위 취득후 1년 이내에 제출해 주시는 것에 한함.)

성 명	(국문)	(한문)	(영문)
학위취득	학 교 명	대학교	학과
	취득년월	년 월	지도교수
현 근무처 (또는 연락처)	주 소 (우편번호 :)		
	전화번호		FAX번호
학위논문 제목	국 문		
	영 문		
KEY WORD			

국문 초록(요약) : 1000자 이내

보내실 곳 _ 06130

서울특별시 강남구 테헤란로 7길 22(역삼동, 과학기술회관 제1관 907호)

사무국 회지담당자앞

E-mail : ieie@theieie.org

TEL : (02)553-0255(내선 6번) FAX : (02)562-4753



대한전자공학회

The Institute of Electronics and Information Engineers

전자공학회지 <월간>

제51권 제10호(통권 제485호)

The Magazine of the IEIE

2024년 10월 20일 인쇄

2024년 10월 25일 발행

발행및

편집인

인쇄인

발행인

(사) 대한전자공학회

한림원(주)

사 단 법 인 대 한 전 자 공 학 회

회장 이 총 용

대표 김 흥 중

(우)06130 서울 강남구 테헤란로 7길 22(역삼동, 과학기술회관 제1관 907호)

TEL.(02)553-0255~7 FAX.(02)562-4753

E-mail : ieie@theieie.org

Homepage : http://www.theieie.org



위의 QR코드를 찍어보세요.
SK하이닉스가 만드는 미래 AI세상이 펼쳐집니다

AI와 미래를 잇는 코드 SK하이닉스로부터

미래 AI인프라의 핵심, 글로벌 No.1 AI 메모리 기업

쾌적함의 완성 그 차이는 설계입니다

서로 다른 크기, 형태, 구조의 건물들이지만 어디서나 최상의 쾌적함을 누릴 수 있는 이유
바로 LG휘센의 공기 설계가 있기 때문입니다.
공간의 온도, 습도, 청정도를 최적으로 맞춤 설계하는 LG휘센 시스템에어컨,
차원이 다른 쾌적함을 직접 경험해 보십시오.



온도

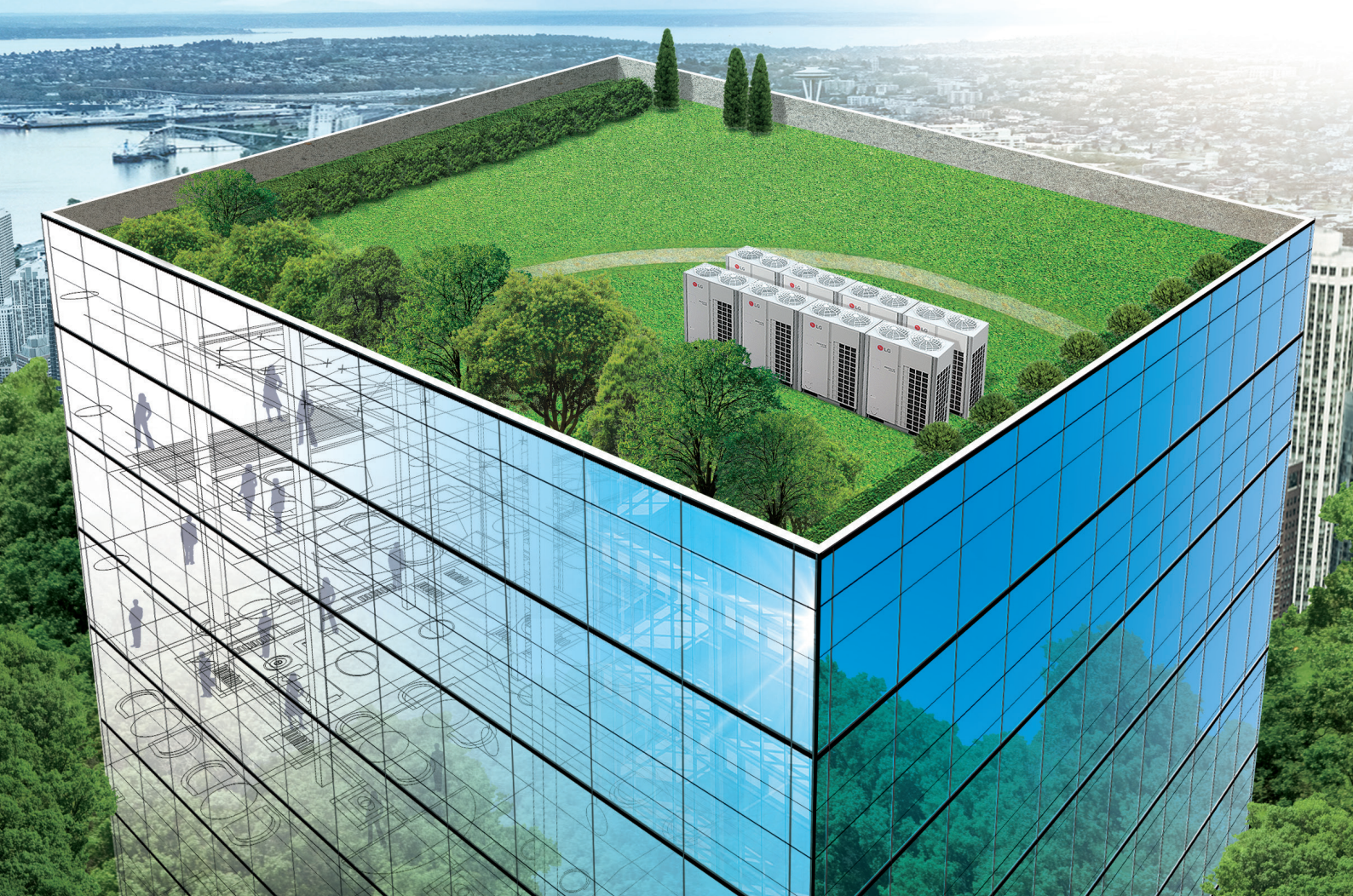


습도



공기청정

공기를 설계하다 LG WHISEN 시스템에어컨



가정용에서 산업발전용까지, 세상 모든 건물을 위한 종합공조기술은 LG휘센이 유일합니다



중대형 건물용
시스템에어컨

MULTI V SUPER 5



중소형 상업용
냉난방 에어컨

냉난방에어컨 / 전장형에어컨



대형건물 / 발전소용
중앙공조 시스템

TURBO CHILLER



대형 상업건물용
중앙공조 시스템

ABSORPTION CHILLER



중소형건물 / 공장용 / 산업용
고효율 히트펌프 칠러 시스템

INVERTER SCROLL CHILLER

AIR WATER GEO

공기를 설계하다
LG WHISEN 시스템에어컨

구입 및 제품 문의 : 1544-8777
서비스 문의 : 1544-7777 / 1588-7777
www.lge.co.kr/kr/business